

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY  
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY**

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

**PROBLEMATIKA REVIZE LABORATOŘE ELEKTRICKÝCH  
STROJŮ**

THE ISSUE OF REVISION OF THE LABORATORY OF ELECTRICAL MACHINES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Luděk Pelikán**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. František Veselka, CSc.**

**BRNO 2016**

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

**Student:** Luděk Pelikán

**ID:** 161844

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2015/16

**NÁZEV TÉMATU:**

## Problematika revize laboratoře elektrických strojů

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Seznamte se s obsahovým zaměřením revize el. zařízení.
2. Zpracujte postup revize zvoleného el. zařízení.
3. Měření realizujte s odpovídající nejistotou měření .

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

[1] Honys, V.: Bezpečná elektrotechnika, IN – EL Praha 1998,ISBN 80 – 86230 – 00 -7

[2] Veselka,F., Huzlík,R.: Inspekční a revizní činnost, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, ISBN 978 – 80 – 7204 – 568 – 6

[3] Veselka,F., Huzlík,R.: Inspekční a revizní činnost,Laboratorní a numerická cvičení, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, ISBN 978 – 80 – 7204 – 567 – 9

[4] Heřman, J., Trinkewitz, Z. a kol.: Elektrotechnické a telekomunikační instalace, Verlag Dashöfer, nakladatelství s.r.o., ISBN 80-86897-06-0,

[5] Odpovídající normy ČSN

**Termín zadání:** 21.9.2015

**Termín odevzdání:** 31.5.2016

**Vedoucí práce:** doc. Ing. František Veselka, CSc.

**Konzultant bakalářské práce:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., předseda oborové rady**

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Tato práce je věnována problematice revizí elektrických zařízení ve smyslu ČSN 33150 a ČSN 33 2000-6 části 6. Součástí práce je provedení revize laboratoře elektrických strojů a vytvoření revizní zprávy.

## **Abstract**

This work is concerned with the inspection of electrical equipment as defined in ČSN 33150 and ČSN 33 2000-6 Section 6. Part of the work is a revision the lab of electrical equipment and the creation of a revision report.

**Klíčová slova**

Bezpečnost; elektroinstalace; laboratoř; revize; rozvaděč.

**Keywords**

Electrical installation; laboratory; revision; safety; switchboard.

## **Bibliografická citace**

PELIKÁN, L. *Problematika revize laboratoře elektrických strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 55 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. František Veselka, CSc..

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Problematika revize laboratoře elektrických *strojů* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne .....

Podpis autora .....

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Františku Veselkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne .....

Podpis autora .....



## OBSAH

<b>1 ÚVOD</b>	<b>14</b>
<b>2 ÚČEL PROVÁDĚNÍ REVIZE</b>	<b>14</b>
2.1 VÝCHOZÍ REVIZE	14
2.2 PRAVIDELNÁ REVIZE	14
<b>3 POSTUPY PŘI PROVÁDĚNÍ REVIZÍ</b>	<b>15</b>
3.1 PROHLÍDKA	15
3.2 ZKOUŠENÍ	15
3.3 MĚŘENÍ	16
3.3.1 SPOJITOST OCHRANNÝCH VODIČŮ A SPOJITOST HLAVNÍHO A DOPLŇKOVÉHO POSPOJOVÁNÍ	16
3.3.2 IZOLAČNÍ ODPOR ELEKTRICKÉ INSTALACE	16
3.3.3 IZOLAČNÍ ODPOR PODLAHY A STĚN	17
3.3.4 OCHRANA AUTOMATICKÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE	19
3.3.5 OVĚŘOVÁNÍ PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ	20
3.3.6 MĚŘENÍ DOTYKOVÉHO NAPĚTÍ	28
3.3.7 MĚŘENÍ IMPEDANCE PORUCHOVÉ SMYČKY	29
3.4 KVALIFIKACE OSOB PROVÁDĚJÍCÍCH REVIZE	31
3.5 LHŮTY PRAVIDELNÝCH REVIZÍ	31
3.6 VYPRACOVÁNÍ ZPRÁVY O PRAVIDELNÉ REVIZI	32
<b>4 REVIZE ELEKTRICKÉ INSTALACE</b>	<b>32</b>
4.1 POPIS REVIDOVANÉHO OBJEKTU	33
4.1.1 SITUAČNÍ NÁKRES LABORATOŘE	34
4.1.2 USPOŘÁDÁNÍ ELEKTRICKÝCH STROJŮ A PULTŮ	35
4.1.3 ROZVADĚČ RL2.2	37
4.1.4 SCHÉMA ZAPOJENÍ SVĚTELNÝCH A ZÁSUVKOVÝCH ROZVODŮ, ROZMÍSTĚNÍ SVÍTIDEL	40
4.1.5 OBVOD HLAVNÍHO JISTIČE	41
4.1.6 OBVODY OSVĚTLENÍ	42
4.1.7 OBVODY JEDNOFÁZOVÝCH ZÁSUIVEK	43
4.1.8 OBVODY TŘÍFÁZOVÝCH ZÁSUIVEK	43
4.1.9 JIŠTĚNÍ LABORATORNÍCH PULTŮ	44
4.1.10 OBVOD DYNAMA 273365	44
4.1.11 PŘEPĚŤOVÁ OCHRANA	44
4.1.12 KLIMATIZACE V MÍSTNOSTI	44
4.1.13 PROTIPOŽÁRNÍ ČIDLA	44
4.1.14 ROZMÍSTĚNÍ KABELOVÝCH KANÁLŮ	45
4.1.15 SVĚTELNÝ OBVOD NA TESTOVACÍM PANELU	46
4.1.16 ZÁSUVKOVÝ OBVOD NA TESTOVACÍM PANELU	46
4.2 PROHLÍDKA	47
4.3 ZKOUŠKY ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ	47
4.4 MĚŘENÍ	47
4.4.1 IZOLAČNÍ ODPOR	48





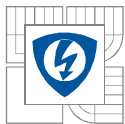
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY  
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
Vysoké učení technické v Brně

	8
4.4.2 IZOLAČNÍ ODPOR PODLAHY .....	48
4.4.3 IMPEDANCE VYPÍNACÍ SMYČKY, SPOJITOST VODIČŮ .....	49
4.4.4 OVĚŘOVÁNÍ PROUDOVÉHO CHRÁNIČE.....	49
<b>4.5 ZJIŠTĚNÉ ZÁVADY A NEDOSTATKY .....</b>	<b>50</b>
<b>5 ZÁVĚR.....</b>	<b>52</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>53</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>54</b>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Zkušební elektroda 1 pro měření odporu podlah, pohled zespodu.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 2: Zkušební elektroda 2 pro měření odporu podlah .....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 3: Znázornění principu činnosti proudového chrániče.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 4: Dvě úrovně selektivity – obvyklé instalace .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 5: Tři úrovně selektivního řazení .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 6: Vypínací charakteristiky proudových chráničů při selektivním řazení .....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 7: Nepřípustné zapojení RCD v síti TN-C.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 8: Nepřípustné paralelní zapojení výstupů dvou RCD .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 9: Chybná orientace zapojení pracovních vodičů [6] .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 10: Měření impedance poruchové smyčky.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 11: Situační náskres laboratoře .....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 12: Náskres laboratorního pultu, čelní strana .....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 13: Provedení laboratoře (70. - 80. léta) [3].....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 14: Provedení laboratoře (nyní) .....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 15: Vnější pohled na rozvaděč RL2.2, označení, štítek s parametry .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 16: Rozvaděč RL2.2 .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 17: Schéma zapojení světelných a zásuvkových rozvodů, rozmístění svítidel .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 18: Vstup rozvaděče.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 19: Bezpečnostní tlačítko .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 20: Proudový chránič RCD03 .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 21: Vypínače světelné techniky v místnosti SA2.19 .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 22: Jednofázová dvojité zásuvka .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 23: Třífázová zásuvka RL2.2/3, jistič F2 .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 24: Přepětíová ochrana .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 25: Protipožární čidlo.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 26: Náskres rozmístění kabelových kanálů .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 27: Orientační schéma zapojení světelného obvodu.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 28: Vidlice přívodního kabelu k testovacímu panelu .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 29: Schéma zapojení zásuvkového obvodu .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 30: Ověřování proudového chrániče .....</i>	<i>50</i>



<i>Obr. 32: Poškozená stropní kazeta.....</i>	<i>51</i>
---	-----------



## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Minimální hodnoty izolačního odporu [2].....</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 2: Příklad pořadí a postupů zkoušek [2].....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 3: Dovolené meze trvalého dotykového napětí [4] .....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4: Seznam elektrických strojů v laboratoři .....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 5: Legenda obrázku 16 (rozvaděč RL2.2).....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 6: Měření izolačního odporu, světelný obvod.....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 7: Měření izolačního odporu, zásuvkový obvod.....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 8: Měření izolačního odporu podlahy.....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 9: Měření impedance vypínací smyčky, spojitost vodičů vypínací smyčky .....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 10: Ověřování proudového chrániče .....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 11: Parametry přístroje EASYTEST MA 2064, v. č. 8000007430 .....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 12: Parametry přístroje IMEG, v. č. 001000198742 .....</i>	<i>55</i>



## SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

$\alpha$	výchylka přístroje
$\Omega$	Ohm
$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia
A	Ampér, typ proudového chrániče, ampérmetr
AC	střídavé
B	typ proudového chrániče
ČSN	označení českých technických norem
D	digit
DC	stejnoseměrné
EN	Evropská, či mezinárodní norma
f	frekvence
FELV	funkční velmi nízké napětí
G	chránič se zpožděnou charakteristikou
I	elektrický proud
IEC	Evropská či mezinárodní norma
IO	izolační odpor
IP	stupeň krytí
ISO	Evropská, či mezinárodní norma
k	konstanta přístroje
L	fáze
m	metr
MH	měřená hodnota
N	nulový vodič, jednotka Newton
nn	nízké napětí
PC	počítač
PE	ochranný vodič
PELV	ochranné velmi nízké napětí
PEN	vodič ve funkci ochranného a středního vodiče
PVC	polyvinylchlorid
R	elektrický odpor
RCD	proudový chránič



$r_i$	vnitřní odpor voltmetru na jeden volt
RL2.X	označení obvodu, rozvaděče
S	selektivní proudový chránič
s	sekunda
SELV	bezpečné velmi malé napětí
ss	stejnoseměrné
stř	střídavé
t	čas
TN	neživé části v síti jsou spojeny ochranným vodičem s jedním uzemněným uzlem
TN-C	pro účel ochranného a nulového vodiče je v síti použit společný vodič
TN-C-S	v části sítě je nulový a ochranný vodič sloučen, v další části oddělen
TN-S	v síti je užíván samostatný ochranný vodič
TT	síť s přímo uzemněným jedním bodem, neživé části spojeny se zemí nezávislými zemniči na uzemnění sítě
U	napětí
V	Volt, voltmetr
v. č.	výrobní číslo
vn	vysoké napětí
VUT	Vysoké učení technické v Brně
vvn	velmi vysoké napětí
W	Watt
Z	impedance



# 1 ÚVOD

Tématem bakalářské práce je zpracování problematiky revize elektrických zařízení podle norem ČSN 33 1500 „revize elektrických zařízení“ a ČSN 33 2000-6 části 6 „postupy při revizi“. Další částí je provedení revize v laboratoři elektrických strojů, a to se zaměřením na bezpečnost práce, elektroinstalaci, především na zásuvkové a světelné obvody, uspořádání laboratoře a soulad skutečného provedení s dokumentací. Případně jsou uvedeny rozpory s normou a jejich vliv na bezpečnost elektrického zařízení. Ze zjištěných dat bude vypracována revizní zpráva podle ČSN 33 2000-6.

## 2 ÚČEL PROVÁDĚNÍ REVIZE

Revize elektrických zařízení se provádí s cílem ověřit stav elektrického zařízení z hlediska jeho bezpečnosti. Požadavky na bezpečnost jsou splněny jen tehdy, pokud elektrické zařízení odpovídá z hlediska bezpečnosti požadavkům norem.

Při provádění revize elektrického zařízení je nutno stanovit, o jaký typ revize se jedná. Pokud se reviduje nové elektrické zařízení, které ještě nebylo pod napětím, jedná se o revizi výchozí. Bylo-li elektrické zařízení již používané, musí se u něj po určitých stanovených lhůtách provádět revize pravidelná. [1]

### 2.1 Výchozí revize

Pokud je to prakticky možné, musí být každá instalace po dokončení ještě předtím, než ji uživatel uvede do provozu, revidována. Pro provedení revize by měl mít revizní technik k dispozici veškerou dokumentaci k revidovanému objektu. Při provádění výchozí revize musí být také provedena taková opatření, aby během prohlídky a zkoušení nedošlo k ohrožení osob nebo užitkových zvířat ani k poškození majetku a instalovaných zařízení, a to ani v případě, kdy v ověřovaném obvodu je porucha. V případě, že je instalace doplněna nebo změněna, musí se ověřit, zda provedení změn je v souladu s normou a zda změny neohrožují bezpečnost stávající instalace.

### 2.2 Pravidelná revize

Vyžadují-li to bezpečnostní předpisy, musí být každá elektrická instalace pravidelně revidována. Při revizi se musí brát v úvahu záznamy a doporučení z dokumentace předchozích pravidelných revizí. Při pravidelné revizi se provádí podrobné přezkoumání instalace. Přezkoumání se provádí bez demontáže, nebo jen s částečnou demontáží, pokud to situace vyžaduje. Provádí se přitom i příslušné zkoušky a měření. Měření a zkoušení se provádí takovým způsobem, aby se zajistila bezpečnost osob a užitkových zvířat před úrazem elektrickým proudem. Musí být zajištěna ochrana před poškozením majetku při poruše na elektrickém zařízení. Pokud není k dispozici předchozí revizní zpráva, je třeba provést podrobnější prozkoumání instalace. Při podrobnějším přezkoumání bude pravidelná revize prováděna v rozsahu výchozí revize, přičemž mohou být zjištěny a ve zprávě uvedeny nedostatky (např. neodpovídající nebo chybějící dokumentace), které je podle ČSN 33 1500 nutné odstranit. Rozsah a výsledky pravidelných revizí instalace nebo jakékoliv její části musí být zaznamenány. Zaznamenáno musí být také jakékoliv poškození, zhoršení stavu od předchozí revize, závady nebo nebezpečné pracovní podmínky. [2]



## 3 POSTUPY PŘI PROVÁDĚNÍ REVIZÍ

Každá revize musí obsahovat prohlídku, zkoušení a měření.

### 3.1 Prohlídka

Prohlídka elektrického zařízení se provádí před zkoušením, a to obvykle tehdy, když je celá instalace bez napětí, což by se mělo ověřit. Prohlídka má potvrdit, že trvale připojené elektrické předměty vyhovují bezpečnostním požadavkům příslušných norem pro zařízení. Použité elektrické přístroje musí být řádně zvoleny a instalovány v souladu s návody výrobců. Dále nesmí být viditelně poškozeny do míry, že by to mohlo ohrozit jejich bezpečnost. Tam, kde je to účelné, musí prohlídka zahrnovat ověření alespoň těchto náležitostí:

- Způsob ochrany před úrazem elektrickým proudem.
- Použití protipožárních přepázek a jiných opatření na ochranu před šířícím se ohněm a před tepelnými účinky procházejícího proudu.
- Volby vodičů s ohledem na jejich proudové zatížení a úbytek napětí.
- Volby a seřízení ochranných a kontrolních přístrojů.
- Použití a vhodné umístění vhodných odpojovacích a spínacích přístrojů.
- Volbu předmětů, zařízení a ochranných opatření odpovídajícím vnějším vlivům.
- Správné označení použitých vodičů (hlavně ochranného a nulového).
- Vybavení schématy, varovnými nápisy nebo jiným potřebným informačním vybavením.
- Označení obvodů, přístrojů jistících před nadproudy, spínačů, svorek, atd.
- Použití a odpovídající parametry ochranných vodičů včetně vodičů ochranného a doplňujícího pospojování.
- Přístup k zařízení z hlediska jeho ovládání, značení a údržby.

Prohlídka zahrnuje i ověřování veškerých speciálních požadavků pro jednoúčelové elektrické instalace nebo jejich umístění ve zvláštních objektech.

### 3.2 Zkoušení

Zkoušením se potvrzuje, že použitá zařízení a opatření k zajištění bezpečnosti správně plní svou funkci. Během zkoušení musí být učiněna taková bezpečnostní opatření, aby při zkoušení nedošlo k ohrožení osob, majetku a instalovaných předmětů.

Zkouší se zejména:

- Proudové, napěťové chrániče a hlídače izolačního stavu a to stisknutím zkušebního tlačítka.
- Účinnost bezpečnostních zařízení, což zahrnuje například blokovací opatření, zařízení pro nouzové vypnutí, hlídače tlaku.
- Funkční schopnost hlásičů a ukazatelů stavu, např. zpětné hlášení při dálkovém ovládání spínačů, světelné hlásiče.
- Elektrická pevnost izolace. [5]





### 3.3 Měření

Měřením se zjišťuje stav elektrických zařízení, elektrických předmětů a elektrických ochranných prvků. Podle ČSN 33 2000-6 se zkušební a měřicí přístroje i metody musí volit v souladu s normou, nebo nesmí poskytovat nižší stupeň bezpečnosti ani nižší úroveň funkčních vlastností, než norma vyžaduje. Tam, kde je to z hlediska ověření potřebné, musí se provést dále uvedené zkoušky a to přednostně v tomto pořadí:

#### 3.3.1 Spojitost ochranných vodičů a spojitost hlavního a doplňkového pospojování

Spojité ochranných vodičů a spojitost hlavního a doplňkového pospojování se musí provádět u ochranných vodičů včetně vodičů ochranného a doplňujícího pospojování. V případě kruhových koncových obvodů také fázových vodičů.

#### 3.3.2 Izolační odpor elektrické instalace

Při měření izolačních odporů se zjišťuje, jestli elektrické zařízení dokáže bezpečně snést provozní napětí. Z velikosti izolačního odporu usuzujeme na jakost izolace, kvalita montáže, dobu životnosti zařízení, vliv okolí a jiné.

Okolnosti ovlivňující izolační odpor:

- Izolační odpor se zvětšuje při poklesu obsahu vlhkosti (také zbytků rozpouštědel izolačních laků) v izolaci a naopak.
- Izolační odpor klesá s rostoucí teplotou. Izolační odpor suchého a čistého stroje je ve studeném stavu několikrát větší, než v teplém stavu.
- Na izolační odpor může mít také velký vliv prostředí, ve kterém zařízení pracuje.
- Hodnota velikosti změřeného izolačního odporu závisí na velikosti měřicího napětí, přičemž při vyšším napětí se naměří obvykle nižší hodnoty izolačního odporu. [4]

Izolační odpor se musí měřit mezi každým pracovním vodičem a ochranným vodičem spojeným se zemnicem. Bez ohledu na prostředí, ve kterém se instalace nachází, se doporučuje ověřit izolační odpor i mezi jednotlivými fázovými vodiči.

Tab. 1: Minimální hodnoty izolačního odporu [2]

Jmenovité napětí v obvodu [V]	Zkušební stejnosměrné napětí [V]	Izolační odpor [MΩ]
SELV a PELV	250	$\geq 0,5$
Do 500 V včetně (včetně FELV)	500	$\geq 1,0$
Nad 500 V	1000	$\geq 1,0$

Izolační odpor, měřený zkušebním napětím podle tabulky 1, vyhovuje tehdy, jestliže obvod při odpojených spotřebičích nemá izolační odpor nižší, než je příslušná hodnota uvedená v tabulce 1. Tabulka 1 platí také pro ověřování izolačního odporu mezi neuzemněným ochranným vodičem a zemí. Pokud je ale pravděpodobné, že výsledky měření mohou být ovlivněny přepětíovými



ochranami nebo jinými přístroji nebo jestliže takové přístroje mohou být měřením poškozeny, mají se tyto přístroje před měřením odpojit. Pokud není odpojení těchto přístrojů prakticky proveditelné, může se zkušební napětí pro takovéto obvody snížit na 250V DC. Izolační odpor však musí mít hodnotu nejméně 1 MΩ. V síti TN-C se měří izolační odpor mezi fázovými vodiči a vodičem PEN. Izolační odpor vyhovujících zařízení bývá mnohem vyšší, než hodnoty, které tabulka 1. udává. Obsahuje-li instalace přístroje s polovodiči, doporučuje se měření izolačních stavů nahradit např. měřením unikajících proudů.

### 3.3.3 Izolační odpor podlahy a stěn

Pokud je potřeba ověřit splnění podmínek tzv. „izolovaného stanoviště“, tak je nutné provést měření jeho odporu podlahy, případně i stěn.

Musí být ověřeno, že odpor není v žádném bodě měření menší než:

- 50 kΩ při jmenovitém napětí instalace do 500 V u sítí střídavých, do 750 V u sítí stejnosměrných
- 100 kΩ, kde napětí překračuje 500 V střídavých, 750 V stejnosměrných.

Jestliže je odpor menší než stanovené hodnoty, jsou tyto podlahy a stěny považovány za cizí vodivé prostředí.

Provedené úpravy musí být účinné a trvalé. Musí také zajišťovat ochranu v místech užití mobilních nebo přenosných zařízení.

#### **Zkušební metoda:**

Měří se pomocí síťového napětí nebo nižším, stejného kmitočtu, kombinovaného s měřením izolačního odporu. To se dá provést např.:

#### **A) Střídavé síť**

Při ochraně nevodivým okolím je dotykový proud u sítí se střídavým napětím omezen nejen odporem stanoviště, ale i jeho impedancí, a proto je nutné měřit pomocí střídavého proudu.

- Měření jmenovitým střídavým napětím.
- Měření při nižším střídavým napětím (min. 25 V) a k tomu zkouškou izolace při použití minimálního stejnosměrného zkušebního napětí 500 V pro jmenovité napětí sítě do 500 V a při použití min. stejnosměrného napětí 1000 V pro jmenovité napětí sítě nad 500 V.

Pro měření je možné použít tyto napěťové zdroje:

1. Napětí sítě vůči zemi, které existuje u místa měření.
2. Sekundární napětí transformátoru s dvěma vinutími.
3. Napětí nezávislého zdroje o jmenovitém kmitočtu sítě.

Při použití výše uvedených zdrojů 2. a 3. musí být měřicí napětí pro účely měření uzemněno. Pro zajištění bezpečnosti, jestliže se měří napětím nad 50 V, musí být maximální výstupní proud omezen na 3,5 A.

#### **B) Stejnosměrné síť**

- Zkouška izolace při použití jmenovitého stejnosměrného napětí 500 V pro jmenovité napětí sítě nepřekračující 500 V.
- Zkouška izolace při použití jmenovitého stejnosměrného napětí 1000 V pro jmenovité napětí sítě vyšší než 500 V.

Izolační odpor podlah/stěn je měřen mezi zkušební elektrodou a ochranným vodičem instalace. Ve stejném prostoru se musí provést minimálně 3 měření. První měření je 1 m od některé přístupné vodivé části, další dvě jsou ve větší vzdálenosti.

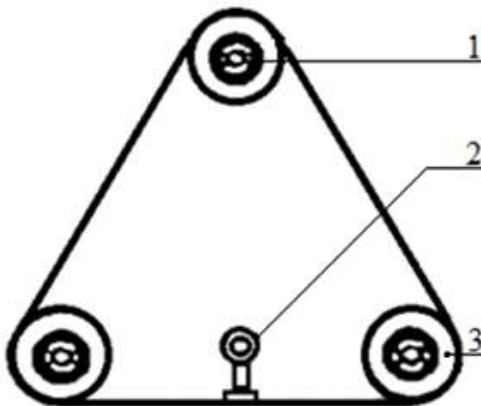
#### **Zkušební metoda pro měření impedance podlah a stěn střídavým napětím**

Proud  $I$  je z výstupu napěťového zdroje převáděn přes ampérmetr na zkušební elektrodu. Napětí na elektrodě  $U_x$  se měří voltmetrem s vnitřním odporem minimálně  $1\text{ M}\Omega$ . Impedance podlahy, resp. stěn je potom:

$$Z_x = \frac{U_x}{I} \quad (3.1)$$

Pro měření může být zvolena zkušební elektroda z následujících typů:

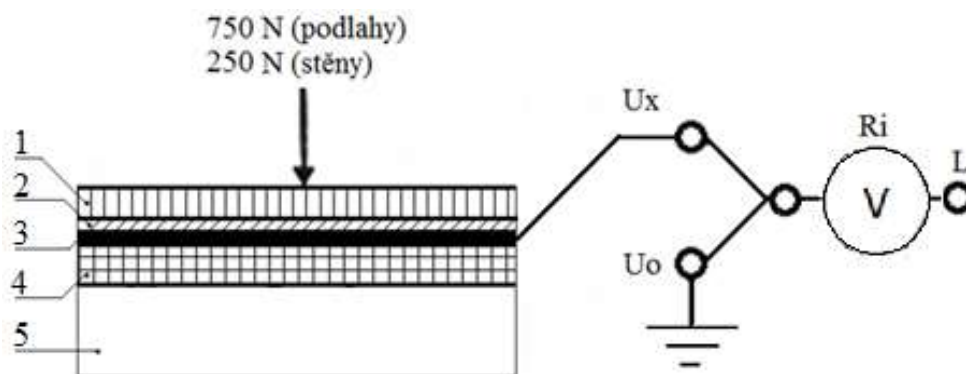
Zkušební elektroda 1 - Kovová trojnožka s nožkami spočívajícími na podlaze tvořící vrcholy rovnostranného trojúhelníka. Nosné plochy jsou opatřeny pružnou základnou, ta při zatížení zajišťuje těsný kontakt s měřeným povrchem na ploše asi  $900\text{ mm}^2$  a představuje odpor menší než  $5000\ \Omega$ . Před měřením se měřený povrch navlhčí nebo se pokryje vlhkou látkou. Na trojnožku se při měření působí silou přibližně  $750\text{ N}$  při měření podlah a  $250\text{ N}$  při měření stěn.



*Obr. 1: Zkušební elektroda 1 pro měření odporu podlah, pohled zespodu*

Legenda: 1 – podložka a matice připevněné šroubem, 2 – svorka, 3 – kontaktní podpěra z vodivé pryže.

Zkušební elektroda 2 - Čtvercová kovová deska s délkou stran  $250\text{ mm}$  a čtverce vlhkého savého papíru nebo navlhčeného kusu nasákové látky o straně přibližně  $270\text{ mm}$ , umístěného mezi kovovou desku a měřený povrch. Při měření se působí silami stejnými jako u elektrody 1. [2]



Obr. 2: Zkušební elektroda 2 pro měření odporu podlah

Legenda: 1 – dřevěná deska, 2 – kovová deska, 3 – vlhká látka, 4 – podlahová krytina, 5 – podklad.

### 3.3.4 Ochrana automatickým odpojením od zdroje

Ověření účinnosti opatření pro ochranu při poruše (ochranu před dotykem neživých částí) automatickým odpojením od zdroje se provede takto:

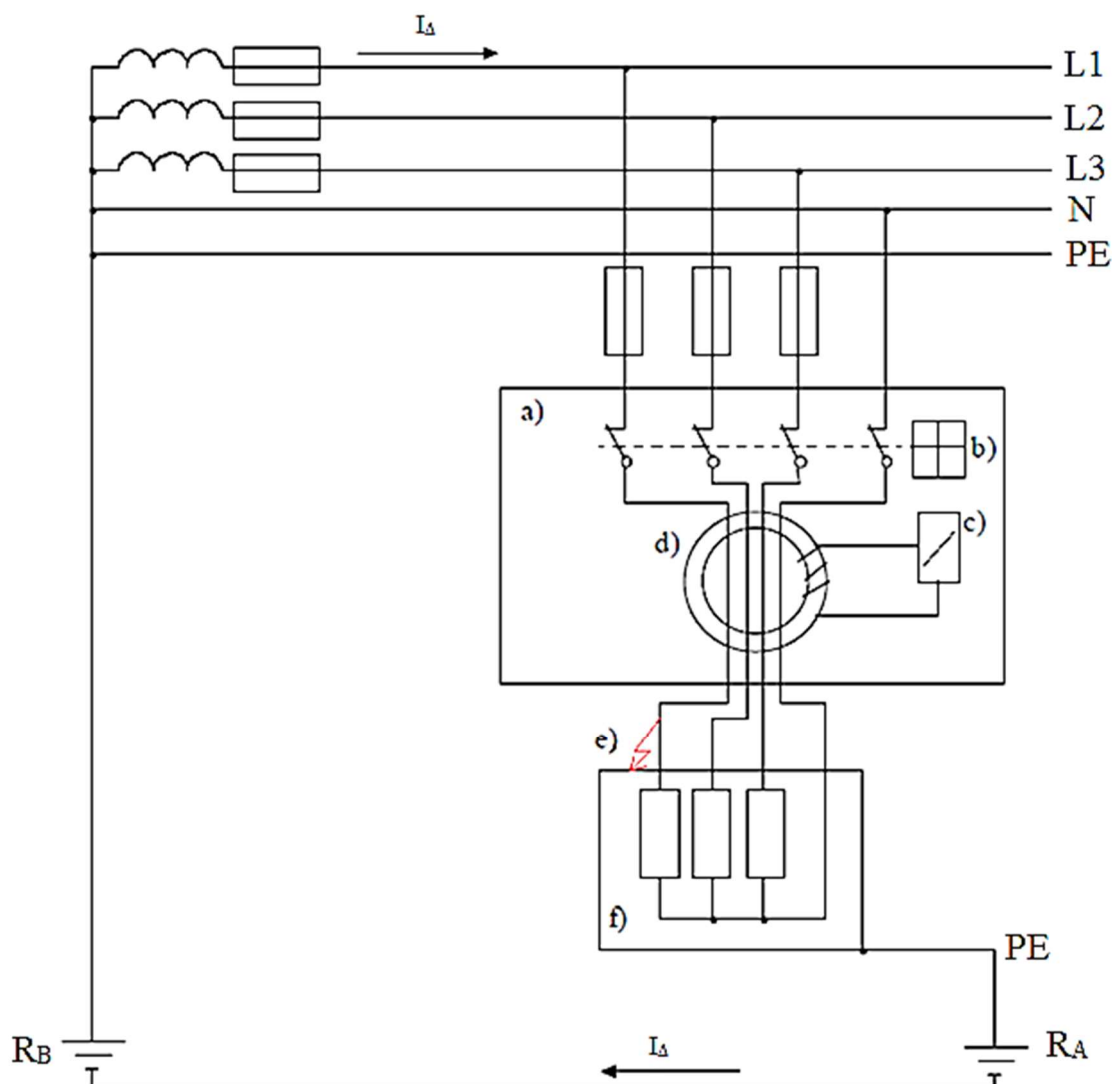
Pro síť TN: To, že ochrana vyhovuje, se musí ověřit:

- Změřením impedance poruchové smyčky. Při použití proudových chráničů není obvykle potřeba provádět měření impedance poruchové smyčky z důvodu ověření podmínky automatického odpojení pomocí proudového chrániče. Ověřením impedance poruchové smyčky se však ověřuje, zda je zajištěno automatické odpojení obvodu i při poruše před chráničem a zda je zajištěna spojitost vodičů v obvodu. To je důležité zejména v případech, kdy je ochranný vodič vedený mimo magnetický obvod proudového chrániče spojen pouze s ochranným vodičem sítě (popř. vodičem PEN) před proudovým chráničem. Alternativně (k měření impedance poruchové smyčky), pokud je možné provést nebo je proveden výpočet impedance poruchové smyčky nebo odporu ochranných vodičů a pokud uspořádání instalace umožňuje ověření délky a průřezu vodičů, postačuje ověřit spojitost ochranných vodičů. Přednostní, oproti ostatním způsobům ověřování, je měření impedance poruchové smyčky. Alternativní ověření se uplatňuje v případech, kdy je již (při malých impedancích) přesnost měření nedostačující.
- Ověřením charakteristik a/nebo účinnosti předřazeného ochranného přístroje. Toto ověření se musí provést u nadproudových ochranných přístrojů prohlídkou (ověřením nastavení spouští jističů na okamžité nebo velmi rychlé vypnutí a ověření jmenovitých proudů a typů pojistek.) U proudových chráničů prohlídkou a zkouškou.

Pro síť TN i TT se doporučuje, aby se ověřily časy odpojení dle tabulky 2. Ověření se však musí provádět v případě, že se jedná o znovu použité proudové chrániče a při doplnění nebo změně stávajících instalací, ve kterých se proudové chrániče mají používat jako přístroje pro odpojení. [2]

### 3.3.5 Ověřování proudových chráničů

Proudový chránič (RCD - z anglických slov Residual protective device - rozdílová proudová ochrana) je tvořen proudovým transformátorem, velmi citlivým relé a spínacím mechanismem. Chráničem prochází všechny pracovní vodiče (L1, L2, L3, N) ke spotřebiči. Vektorový součet proudů v pracovních vodičích je za normálních podmínek roven nule a v sekundárním vinutí se tedy neindukuje žádné napětí.



Obr. 3: Znázornění principu činnosti proudového chrániče.

Legenda: a) proudový chránič, b) spínací mechanismus, c) diferenciální relé, d) součtový transformátor, e) porucha, f) spotřebič.

Dojde-li za chráničem ke vzniku proudu tekoucího z fázového vodiče do země (zkrat na kostru, případně dotyk osoby) nastane tak rozdíl mezi proudy. Tento reziduální proud  $I_{\Delta}$  indukuje v sekundárním vinutí transformátoru napětí, které díky citlivému relé uvede v činnost spínací mechanismus a dojde tak k rychlému odpojení poruchy od sítě. Proudový chránič tedy detekuje a vyhodnocuje reziduální proud a vypíná obvod při překročení určité hodnoty, na kterou je chránič nastaven.



Proudový chránič ale nejistí před nadproudy. Tato ochrana se zajišťuje předřazením pojistky nebo jističe, jehož hodnota jmenovitého proudu charakterizuje zkratovou odolnost proudového chrániče a předepisuje ji výrobce chrániče.

Proudové chrániče mají tyto parametry:

- počet pólů - 2 (L,N), 3, 4 (L1, L2, L3, N) nebo 4 s vypínáním tří pólů (sítě TN-C-S),
- závislost na napájecím napětí - FI - nezávislé, DI – závislé,
- jmenovitý proud kontaktů -  $I_n = 16, 25, \dots 100 \text{ A}$ ,
- jmenovitý reziduální proud -  $I_{\Delta} = 10, 30, \dots 500 \text{ mA}$ ,
- jmenovité napětí -  $U_n = 230/240 \text{ V}$ ,
- jmenovitý kmitočet - obvykle 50 Hz,
- citlivost na různé druhy proudů v pracovních vodičích - střídavé (AC), i pulzující stejnosměrné (A), všechny druhy reziduálních proudů (B),
- zpoždění vypnutí - bez zpoždění (-), se zpožděním (G), selektivní (S), speciální (CBR),
- zkratová odolnost s udanou hodnotou jisticího prvku,
- teplota okolí,
- ochrana proti nadproudům – s vestavěnou nadproudovou ochranou (RCBO), bez vestavěné nadproudové ochrany (RCCB),
- způsob vypínání při vzniku reziduálního proudu – přímé vypínání, nepřímé vypínání, monitorování bez vybavení (RCM).

Při instalaci chráničů musí být splněny následující podmínky:

- chráněné části musí být uzemněny na zemnič s odporem uzemnění nepřevyšujícím hodnotu:

$$R_a \leq \frac{U_{dl}}{I_{\Delta n}} \quad (3.2)$$

Kde:  $U_{dl}$  - trvalé dotykové napětí (V),  
 $I_{\Delta n}$  - jmenovitý reziduální proud (A),  
 $R_a$  - maximální přípustný odpor zemnění ( $\Omega$ ),

- chráničem musí procházet všechny pracovní vodiče, které chránič musí vypínat,
- chráničem nesmí procházet ochranný vodič PE.

Proudové chrániče lze použít pro:

- a) Ochranu osob – ochrana při nebezpečném dotyku s živými i neživými částmi,
- b) Protipožární ochranu,
- c) Hlídkání izolačního stavu strojů. [4]

### Selektivní řazení proudových chráničů

Aby se při poruše dva chrániče v sérii chovaly selektivně, nesmí dojít ke splynutí nebo dotyku jejich vypínacích charakteristik.

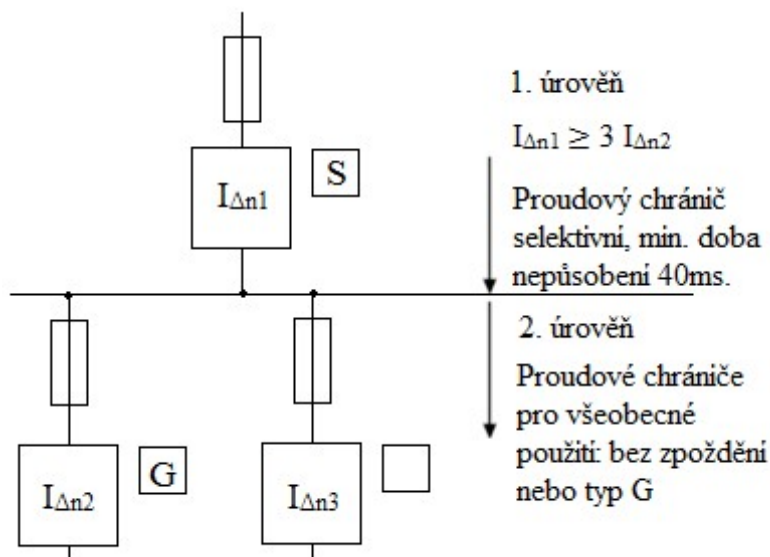
Úplná selektivita mezi chrániči je zaručena při současném splnění dvou podmínek:

1. Předřazený proudový chránič je typu S, resp. typu s větší dobou nepůsobení než má přiřazený proudový chránič.
2. Předřazený proudový chránič má vyšší hodnotu jmenovitého reziduálního proudu, než přiřazený proudový chránič

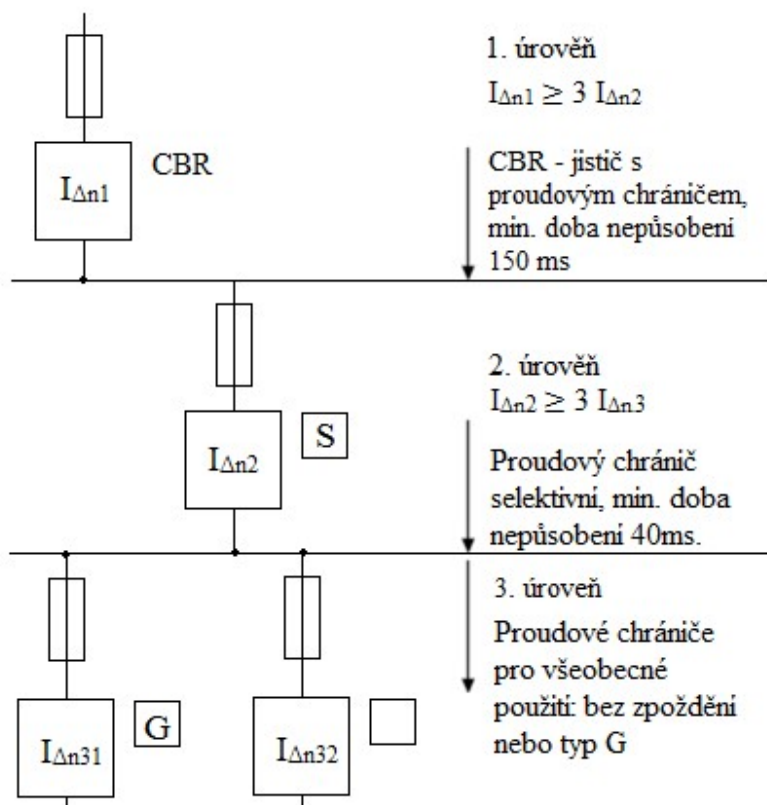
Chrániče mají hodnoty jmenovitých reziduálních proudů u nejčastěji používaných citlivostí odstupňovány v řadě násobkem tří, a proto lze napsat obecné pravidlo pro selektivní řízení dle ČSN IEC 1200-53:

$$I_{\Delta n1} \geq 3I_{\Delta n2} \quad (3.3)$$

Kde:  $I_{\Delta n1}$  ... jmenovitý reziduální proud selektivního chrániče  
 $I_{\Delta n}$  ... jmenovitý reziduální proud chrániče pro všeobecné použití (bez zpoždění nebo typ G)

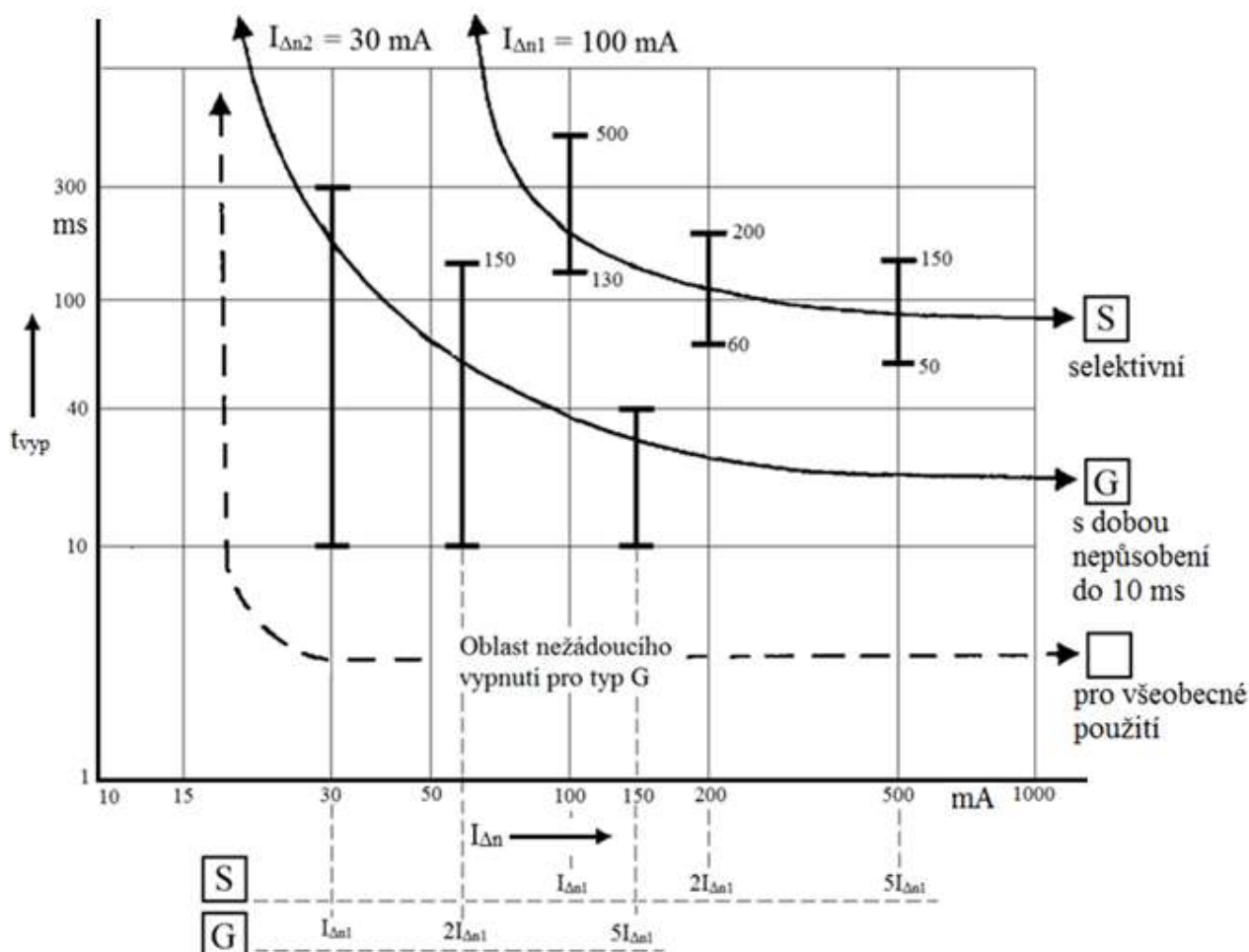


Obr. 4: Dvě úrovně selektivity – obvyklé instalace



Obr. 5: Tři úrovně selektivního řazení





Obr. 6: Vypínací charakteristiky proudových chráničů při selektivním řazení

Kde:  $I_{\Delta n}$  ... vypínací proud  
 $t_{vyp}$  ... vypínací čas  
 $I$  ... meze vypínacích časů

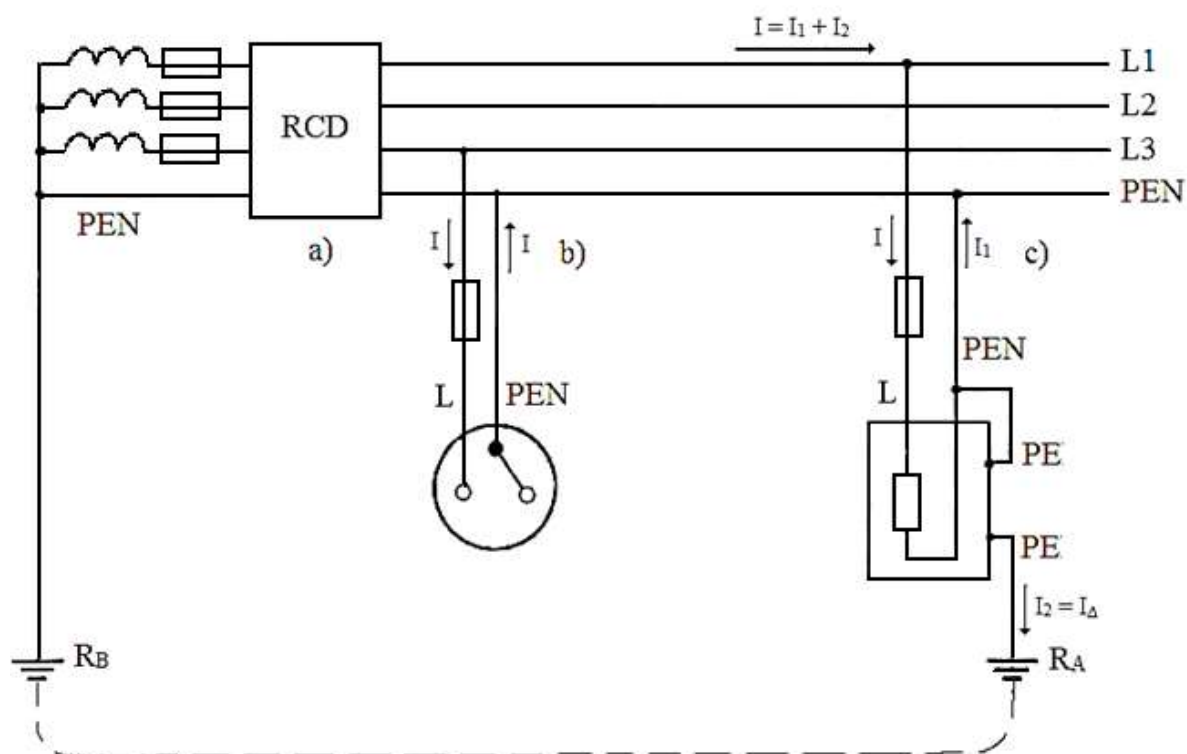
Horní hranice vypínacích časů jsou u typu G a typu pro všeobecné použití stejné, spodní mez typu pro všeobecné použití ale začíná od nuly.

### Chyby v zapojení proudových chráničů

Proudový chránič zapojený v síti TN-C je nežádoucí ze dvou důvodů:

1. Při toku poruchového proudu na neživou část u koncového obvodu protéká poruchový proud z fázového vodiče do vodiče PEN a v obvodu nevzniká reziduální proud potřebný pro vybavení chrániče
2. Je-li u koncového obvodu provedeno doplňující pospojování, pak část proudu teče přes uzemnění mimo vodič PEN. To může způsobit vznik reziduálního proudu, který může být větší než jmenovitý reziduální proud proudového chrániče. Tím dojde k vybavení chrániče, který však odpojí také vodič PEN, což je v sítích TN-C zakázáno.

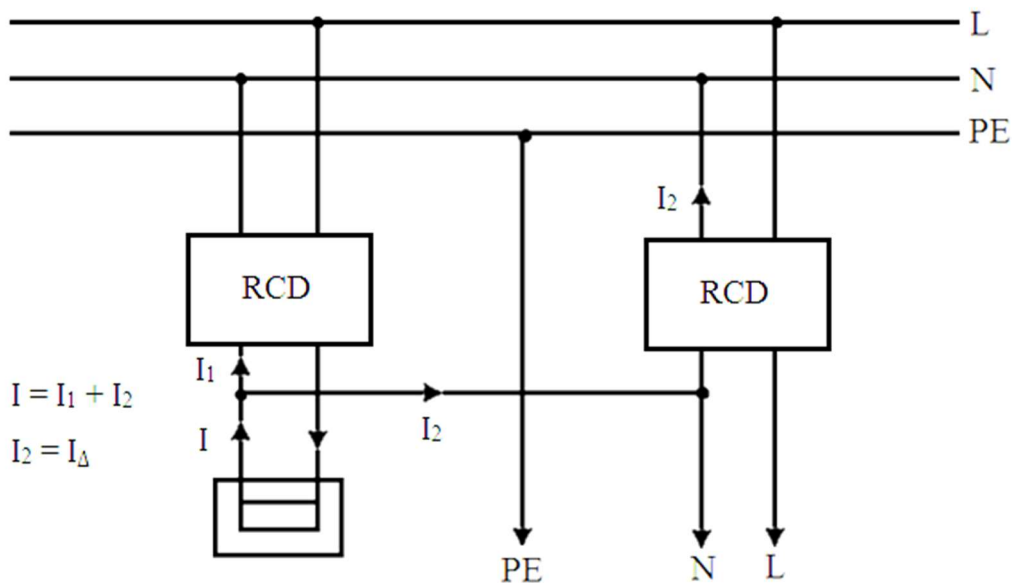




Obr. 7: Nepřípustné zapojení RCD v síti TN-C

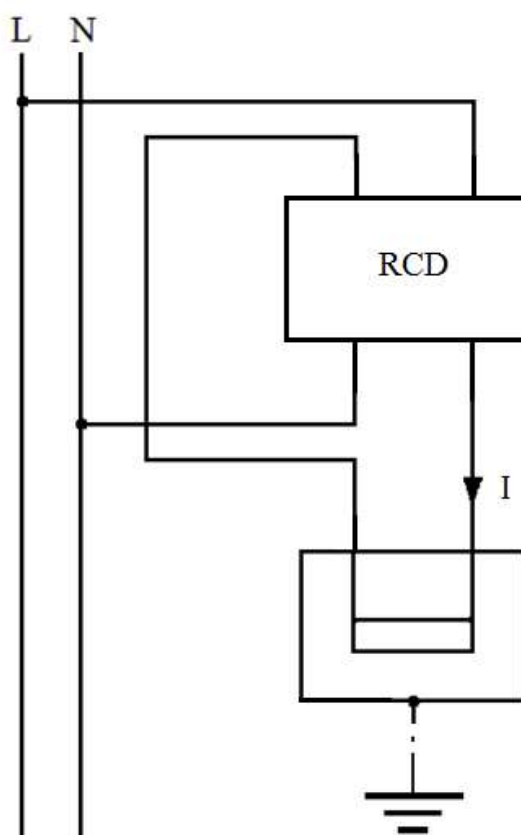
- a) Chráničem nesmí procházet ochranný vodič
- b) Dvojvodičový rozvod L, PEN je nepřípustný
- c) Část pracovního proudu odtéká do země

Chybně zapojené pracovní vodiče v rozvaděčích, nejčastěji pak při záměně středních vodičů za různými proudovými chrániči. Obvody za jednotlivými chrániči musí mít samostatné svorkovnice pro střední vodiče. Pokud dojde k vzájemnému spojení středních vodičů mezi různými obvody, tak při zapnutí spotřebič s větším odběrem dojde k vybavení některého z chráničů, protože se proudy rozdělí podle zapojení a na tento rozdíl chránič vyhodnotí jako reziduální proud. Tudíž by při zapojení mělo platit, kolik proudových chráničů, tolik nulových můstků.

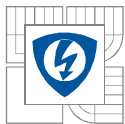


Obr. 8: Nepřípustné paralelní zapojení výstupů dvou RCD

Další chyba může být chybná orientace zapojení pracovních vodičů. Tato závada však není odhalena ani během revize a projeví se až při zapnutí spotřebiče.



Obr. 9: Chybná orientace zapojení pracovních vodičů [6]



### **Ověřování proudových chráničů**

Ověření automatického odpojení od zdroje proudovým chráničem se musí ověřit zkušebním zařízením odpovídajícím IEC 61557-6, kterým se ověří, jestli jsou splněny požadavky udávající norma ČSN 33 2000-4-41.

Norma doporučuje, aby se ověřila doba odpojení. Požadavky na doby odpojení se ale musí ověřit v případech znovupoužitých chráničů, doplnění nebo změn stávajících instalací, ve kterých mají proudové chrániče působit. Kromě toho musí být vzájemnou dohodou mezi dodavatelem instalace a dodavatelem elektrické energie potvrzeno, že jsou splněny požadavky související s bezporuchovostí uzemnění instalace a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže je totiž uzemnění zajištěno veřejnou nebo jinou napájecí sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Měření se provádějí poté, co byla prohlídkou ověřena správná volba chráničů.

### **Ověření mezních hodnot reziduálních proudů proudových chráničů**

V návaznosti na ověření skutečné hodnoty vybavovacího reziduálního proudu, zjištěného postupným generováním reziduálního proudu, se ověří i mezní parametry vybavovacího reziduálního proudu chrániče. Při tom se chránič zatíží zkušebním reziduálním proudem, který musí být menší nebo rovno polovině jmenovitému reziduálnímu proudu a poté větším než 20% tohoto proudu. Chránič přitom nesmí vybavit. Následně se pokračuje zatížením jmenovitým reziduálním proudem, kdy chránič musí vybavit nejpozději ve stanoveném čase. U chráničů typu S se toto návazné měření provádí až po prodlevě asi 30 s. Zjistí se i skutečný čas, který nemá překročit 0,3 s u chrániče pro všeobecné použití (AC) a u chráničů typu G. Pro selektivní chrániče typu S je tato hodnota 0,5 s. Při tomto měření se současně se měří i hodnota dotykového napětí, které vzniká při poruše izolace spotřebiče za průchodu rozdílového proudu do země přes zemní odpor, a které musí být vyhovující tabulce 3.

### **Ověřování proudových chráničů se zpožděnou charakteristikou (typ S, G apod.)**

Selektivita se ověřuje nejprve kontrolou údajů jmenovitého reziduálního proudu uvedeného na chrániči. Selektivní proudový chránič předřazený chrániči pro všeobecné použití nebo typu se zpožděnou charakteristikou musí mít hodnotu jmenovitého reziduálního proudu vždy o předepsanou hodnotu vyšší, což bývá obvykle 3x. U chráničů s citlivostí 10 – 100 mA pro chrániče všeobecného použití, resp. se zpožděním, jimž je předřazen selektivní chránič, lze navíc selektivitu doložit jejich zatížením zkušebním reziduálním proudem o velikosti pětinasobku jmenovitého reziduálního proudu, přičemž se měří v obou polaritách. Došlo-li při tomto proudu k vybavení jen chrániče pro všeobecné použití, resp. typu se zpožděním, je selektivita prokázána. Přitom se měří i čas vybavení tohoto chrániče. Asi po 30 s po této zkoušce se provede zkouška selektivních proudových chráničů. Měření probíhá při zatížení reziduálním proudem rovným jejich jmenovitému vybavovacímu reziduálnímu proudu. Doba vypnutí má být v mezích 0,13 až 0,5 s a musí být pro tento proud delší, než doba vypnutí chráničů řazených za nimi.

U proudových chráničů G je třeba ověřit, zda vypínají opožděně. Předepsaný vypínací čas u těchto chráničů je delší nebo rovný 10 ms, přitom pětinasobek jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu je předepsaný vypínací čas kratší než 40 ms. Měří se pětinasobkem jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu, chránič musí vypnout v rozmezí od 10 do 40 ms.



### Ověření chráničů citlivých i na proudy jiné, než střídavé (typ A, B)

Chrániče A, B se ověřují po ověření působícím střídavým proudem i s ohledem na další druh reziduálního proudu, při kterém chránič vybaví. Měří se v obou polaritách.

Chrániče typu A - zde musí chránič vybavit i při hodnotě 1,4násobku jmenovitého vybavovacího stejnosměrného pulsního proudu, přitom se měří doba vypnutí chrániče.

Chrániče typu B – kromě stejnosměrného pulsního proudu chránič reaguje i na stejnosměrný. Po měření obdobně jako u chrániče A se měří také při narůstajícím reziduálním proudu, kdy při hodnotě 2násobku jmenovitého vybavovacího proudu chránič musí vybavit. Následně se měří doba vypnutí chrániče při hodnotě 2násobku jmenovitého vybavovacího proudu.

### Ověření funkce kontrolního tlačítka

Na závěr se ověřuje funkce stisknutím kontrolního tlačítka, při kterém musí spolehlivě vybavit. Ověřuje se při uvádění do provozu a během provozu v termínech, které stanoví výrobce.

Tab. 2: Příklad pořadí a postupů zkoušek [2]

Pořadí zkoušky	Ověřuje se	Postup zkoušky	Požadovaný výsledek
1	Vypnutí	Generace rez. proudu až do velikosti $I_{\Delta n}$ .	Musí vypnout
2	Nevypnutí	Zatížení rez. proudem 0,2 až 0,5 $I_{\Delta n}$ .	Nesmí vypnout
3	Doba vypnutí	Chránič se zatíží (typ S až po prodlevě 30 s) rez. proudem o velikosti $I_{\Delta n}$ .	Chránič musí vypnout v době $t_{vyp}$ (u chráničů pro všeobecné použití- AC, A, B - je $t_{vyp} \leq 300$ ms, chránič typu G: $10 \text{ ms} \leq t_{vyp} \leq 300$ ms, chránič typu S: $13 \text{ ms} \leq t_{vyp} \leq 500$ ms).
Ověření podle prvních tří bodů se může využít i z hlediska ověření selektivity chráničů, jestliže jsou chrániče řazeny za sebou, viz 4a).			
Doprovodná měření v rámci prvních tří bodů: <ul style="list-style-type: none"><li>- Měření dotykového napětí na ochranném vodiči způsobené průchodem proudu <math>I_{\Delta n}</math>. Toto napětí musí být menší než dotykové napětí (50 V pro prostory normální a nebezpečné). Pro sítě TN-S by se hodnota měla blížit k nulové hodnotě.</li><li>- Měření impedance poruchové smyčky v místě prováděného měření.</li></ul>			
4	Selektivita	a) Využívá se výsledku z bodů 1 – 3.	Při měření 1 - 3 nemělo dojít k vypnutí předřazeného chrániče typu S.



		b) Obvod se zatíží 5násobkem jeho jmenovitého proudu (pouze u chráničů koncových obvodů s $I_{\Delta n}$ do 100 mA včetně).	Musí vybavit pouze chránič koncového obvodu.
		c) Chránič typu S se zatíží svým $I_{\Delta n}$ .	Chránič typu S musí vypnout v době $13 \text{ ms} \leq t_{\text{vyp}} \leq 500 \text{ ms}$ .
Selektivita proudového chrániče s určitým definovaným časovým zpožděním, předřazeného k ostatním za ním řazeným proudovým chráničům (typu S, G, AC, A, B) se ověřuje obdobným způsobem, jaký je uveden v bodě 4.			
5	Chránič typu A, popř. i B	a) Chrániče se zatěžují pulzním reziduálním stejnosměrným proudem o efektivní hodnotě $1,4x I_{\Delta n}$ .	Chránič musí vypnout.
		b) Chránič typu B se po zkoušce podle a) zatěžuje stejnosměrným proudem $2x I_{\Delta n}$ .	Chránič musí vypnout.

### 3.3.6 Měření dotykového napětí

Dle ČSN IEC 60050-195 se dotykové napětí vyskytuje mezi uzemněným objektem a osobou, zejména může být nebezpečné při zemním zkratu na vedení vn a vvn. Jeho přímé měření je stěží možné. Princip metody měření spočívá ve vytvoření proudového pole podstatně menším proudem ve srovnání se zkratovým a v měření napětí mezi testovaným objektem a zemnicí sondou v jeho blízkosti.

Ochrana před tímto napětím může být realizována:

- Ochrannou izolací,
- kryty, přepážkami,
- ochranou polohou,
- doplňkovou ochranou proudovým chráničem,
- ochranou doplňkovou izolací.

Tab. 3: Dovolené meze trvalého dotykového napětí [4]

Prostory	Dovolené meze trvalého dotykového napětí $U_d$ [V]	
	Střídavé	stejnoseměrné
Normální, bezpečné	50	120
Zvláště nebezpečné	25	60
Ve zvláště nepříznivých případech	12	25



### 3.3.7 Měření impedance poruchové smyčky

Spolehlivost ochrany nulováním závisí na tom, za jak dlouho se podaří odpojit vadné místo. Impedance poruchové smyčky je jedním z parametrů. Dodržením předepsané hodnoty dosahujeme toho, že v poruchovém obvodu vznikne minimálně předepsaný násobek jmenovitého proudu pojistky nebo jiné nadproudové ochrany.

Požadavky jsou v ČSN zařazeny především v souvislosti s ochranou samočinným odpojením. Ty jsou soustředěny především na ověřování impedance vypínací smyčky mezi fázovým a ochranným vodičem. Z uplatňovaných zásad bezpečnosti však vyplývá nutnost měření impedance smyčky fázový vodič – střední vodič. Předpoklady jsou: zajištění bezpečnosti z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem, zajištění ochrany před nebezpečím požáru, tj. především nadměrným oteplením vedení a vlastní funkčnost elektrického zařízení.

#### Impedance smyčky z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem

Alternativní k ověření impedance smyčky je vlastně též ověření spojitosti a odporu ochranného vodiče. Po ověření, že jeho odpor je ve vztahu k předřazenému jistění nebo proudovému chrániči, zaručíme, že na neživých částech při jakékoliv poruše nevznikne vyšší dotykové napětí, než je předepsáno. Měření impedance smyčky přesto dáváme přednost, protože měření impedance smyčky je jednoduché – stačí měřicí přístroj připojit v bodě, v němž impedanci smyčky měříme.

#### Impedance smyčky z hlediska spojitosti vodičů obvodu

Měří se i spojitost a odpor fázového vodiče, a tedy se ověřuje i funkčnost obvodu. Jestliže se impedance smyčky měřila v síti TN-C, jejím ověřením se též prokázalo, že samotný obvod je funkční a je v pořádku jak vodič PEN, tak fázový vodič k místu měření.

Stejným způsobem u sítí TN-S nelze postupovat, protože je prokázáno jen to, že obvod je v pořádku z hlediska funkce ochranného přístroje zajišťujícího samočinné odpojení části poruchového obvodu.

#### Ověření obvodu z hlediska jeho funkčnosti a nebezpečí požáru

Při zkratu mezi vodiči L a N v obvodu sítě TN-S s vysokým odporem impedance vypínací smyčky nemusí dojít k včasnému odpojení, což může vést k požáru. Závalu neodhalí proudový chránič ani nadproudový jistící přístroj, protože proud i nadále prochází snímacím obvodem chrániče a je menší, než proud, na který by měl reagovat jistící prvek. Obvod tedy nesplňuje požadavek čl. 434.3.2 ČSN 33 2000-4-43, protože jistící prvek zřejmě nevypne obvod včas. K tomu však nedojde při ověřování sítí TN-C, kde je k samočinnému odpojení použit nadproudový ochranný přístroj. V tomto případě se spolu se samočinným odpojením ověří též funkčnost daného obvodu i jeho schopnost být vypnut při zkratu.

Revizní zpráva, udávající, že obvod poruchového proudu je v pořádku jen na základě zjištění jeho impedance z hlediska samočinného odpojení citlivým proudovým chráničem, přinejmenším nemusí být kompletní. [6]

#### Měření impedance poruchové smyčky

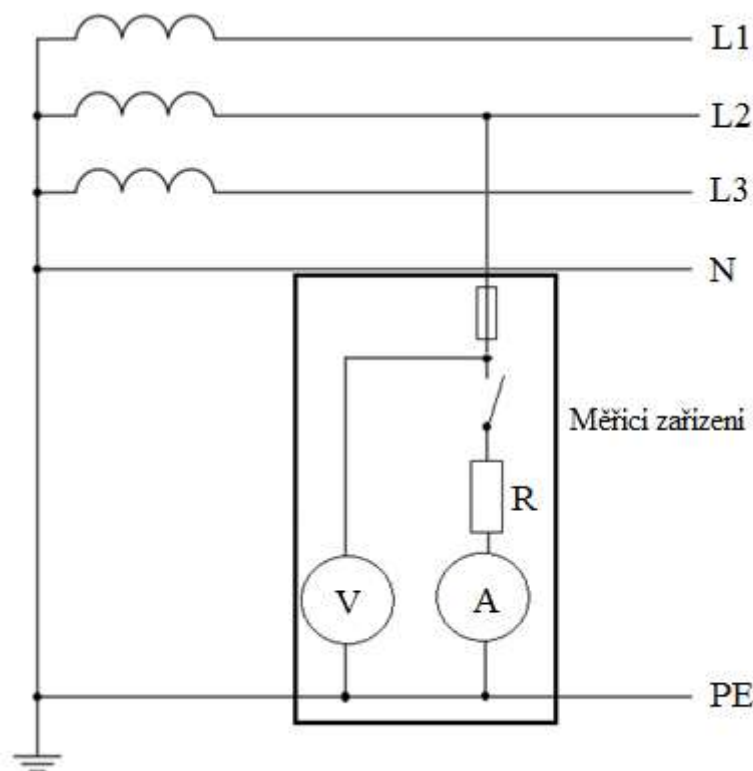
Původní metoda měření je založena na tom, že odlehčená smyčka se zatíží rezistorem a vzniklý pokles napětí se indikuje voltmetrem, jehož stupnice může být očíslována přímo v jednotkách impedance. V zájmu přesnosti je třeba dosáhnout co největší výchylky, což vyžaduje vysoký

zatěžovací proud, který je ale omezen předřazeným jištěním. Zatěžovací rezistor se nachází mimo měřicí přístroj kvůli velkému vniku tepla.

Podle ČSN 2000-6 může při měření být použit například následující způsob: v obvodu, který má být ověřován, se měří napětí při zatížení zátěžovým odporem a bez zatížení. Impedance poruchové smyčky se vypočítá podle vzorce:

$$Z = \frac{U_1 - U_2}{I_R} \quad (3.4)$$

Kde:  $Z$  ... Impedance poruchové smyčky  
 $U_1$  ... Napětí měřené bez připojeného zátěžového odporu  
 $U_2$  ... Napětí měřené s připojeným zátěžovým odporem  
 $I_R$  ... Proud protékající zátěžovým odporem



Obr. 10: Měření impedance poruchové smyčky

Tento způsob měření je ale pracný, a proto se nyní v praxi používají přístroje, které umožňují měřit tuto impedanci přímo.

### Výpočet impedance poruchové smyčky

Při běžných případech (vodiče s provozní teplotou uvažovanou 70°C, předpokládanou 20°C) pro impedanci smyčky při max. provozní teplotě vodičů stanovené výpočtem platí:

$$Z_{sv} \leq 0,8 * \frac{U_n}{I_n} \quad (3.5)$$

Kde:  $Z_{sv}$  ... vypočtená impedance vypínací smyčky  
 $U_n$  ... jmenovité napětí  
 $I_n$  ... jmenovitý proud jisticího prvku





Revizní technik měří impedanci, pro kterou musí platit:

$$Z_{sm} \leq \frac{2}{3} * \frac{U_n}{I_n} \quad (3.6)$$

Kde:  $Z_{sm}$  ... impedance změřené vypínací smyčky

Bude-li projektant uvažovat obvod, jehož provozní teplota je např. 150 °C, musí tomu přizpůsobit i ověření impedance smyčky. Revizní technik by měl brát ohled na teplotu, jestliže měří při teplotě vedení výrazně odlišné od 20 °C, pro niž je rezistivita vodivých materiálů udávána. Rezistivita se zvyšuje asi o 4 % na 10 °C. Výpočet zkratových proudů v sítích nn je uvedeno v ČSN IEC 781.

Upozornění: impedance smyčky ve studeném stavu, musí vyhovovat přísnějším podmínkám podle vztahu podle ČSN IEC 1200-53:1998:

$$Z_s \leq \left(\frac{2}{3}\right) * 0,8 * \frac{U_n}{I_n} \quad (3.7)$$

Součinitel 0,8 respektuje úbytek napětí na vstupu do uvažovaného obvodu v okamžiku, kdy je v něm porucha. Hlavně v objektech vzdálenějších od transformátoru je nutno tyto podmínky ověřit. V praxi se to týká zejména případů v obvodu s jištěním jističem D.

U běžných spotřebičů v objektech občanské výstavby bývá naměřená impedance smyčky asi od 0,8 až 2,2 Ω. Naměří-li se vyšší, pátrá se po příčině. Ta bývá zpravidla nedokonalý spoj nulovacího vodiče, apod.

### Měření impedance vypínací smyčky s proudovými chrániči

Měření umožňují vykonat některé měřiče proudových chráničů. Nevýhodou této metody je dost velká chyba měření, která je způsobena malým měřicím proudem většinou v rozmezí 1/3 až 1/2 jmenovitého rozdílového proudu proudového chrániče.

Další možností je krátkodobě přesytit pomocným stejnosměrným proudem magnetický obvod proudového chrániče. Ten pak nereaguje na zkušební proud běžného měřiče impedance vypínací smyčky, který může být v řádu jednotek až desítek ampérů. Podmínkou správné funkce je stejná polarita měřicího přístroje i sytícího proudu a přístroj musí při měření používat pouze kladné nebo záporné póly. [6]

## 3.4 Kvalifikace osob provádějících revize

Norma ČSN 33 2000-6 udává, že revizi smí provádět osoby znalé, které jsou pro provádění revizí kvalifikovány. K ověření elektrického vybavení připojeného na elektrickou instalaci stejně jako k ověření toho, zda prvky instalace zajišťují bezpečný provoz, mohou být podle složitosti celého systému mimo pracovníka pro provádění revizí přizváni příslušní specialisté. Takovým specialistou může být třeba osoba kvalifikovaná pro provádění určitých měření nebo zkoušek.

## 3.5 Lhůty pravidelných revizí

Lhůty pravidelných revizí instalací se musí určit podle druhu instalace a zařízení, jejího použití a způsobu provozu, četnosti a kvality údržby a s ohledem na vnější vlivy, kterým je instalace vystavena. Nejdelší lhůta mezi pravidelnými revizemi může být stanovena národními právními předpisy nebo normami. Lhůta může být třeba několik let. Výjimkou z tohoto pravidla jsou





následující případy, pro něž se vyžadují kratší lhůty. 1) Pracoviště, nebo místa s nebezpečím úrazu elektrickým proudem, požáru nebo výbuchu v důsledku chemické degradace. 2) Pracoviště nebo místa, kde jsou vedle sebe jak instalace vysokého, tak i nízkého napětí. 3) Staveniště. 4) instalace pro bezpečnostní účely (např. nouzové osvětlení). Pro byty, obydlí a příbytky mohou být vhodné i delší lhůty (např. 10 let). Revize elektrické instalace se důrazně doporučuje při výměně nájemníků nebo majitelů. Lhůty pravidelných revizí v České Republice předepisuje norma ČSN 33 1500; 1990. Rozhodující pro určení lhůt ale bývá protokol o určení vnějších vlivů.

Provádění pravidelných revizí odběrných zařízení bytu, obydlí a příbytků není v České Republice předepsáno, je však vhodné, účelné a žádoucí tyto revize po dohodě s vlastníkem nemovitosti provádět. Zejména se považuje za účelné revizi provést při zvýšení jmenovité hodnoty hlavního jističe před měřeným zařízením. V některých případech i při změně uživatelů bytu, obydlí a příbytku. Někdy je také revize potřebná při uzavření nové smlouvy o dodávce elektřiny. Pokud instalace podléhá účinnému systému řízení zajišťujícím preventivní údržbu při normálním použití, mohou se pravidelné revize nahradit odpovídajícím režimem průběžného sledování a údržby instalace a všech jejích podstatných částí, které provádí osoba znalá. O této činnosti musí být zpracovávány a vedeny odpovídající zprávy.

### 3.6 Vypracování zprávy o pravidelné revizi

Po dokončení pravidelné revize, musí být zhotovena zpráva o pravidelné revizi. Tento dokument musí obsahovat podrobnosti o všech částech instalace a musí vymezit, čeho se daná revize týkala. Musí k ní být přiložen záznam prohlídky obsahující závady a výsledky zkoušek. Zpráva dále může obsahovat doporučení oprav a vylepšení, jako je uvedení instalace do stavu vyhovujícím současným normám. Vhodné je také do zprávy uvést i veškeré drobné nápravné úkony, které provedl revizní technik v průběhu revize. Může se sice jednat o úkony technicky nenáročné, nicméně se jejich provedením může zabránit velkým škodám na majetku. Zprávu musí zpracovat a podepsat osoba, která je k provádění revizí oprávněna. [2]

## 4 REVIZE ELEKTRICKÉ INSTALACE

Druh kontroly: mimořádná

Datum zahájení kontroly: 21.9.2015

Datum ukončení kontroly: 13.4.2016

Kontroloval: Luděk Pelikán

Student VUT, ID: 161844

Osvědčení: §6 vyhlášky 50/1978 Sb.

Vlastník: Vysoké učení technické v Brně, Antonínská 548/1, Veverčí, 602 00 Brno

Zadavatel: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Odborný dozor: doc. Ing. František Veselka, CSc.

Kontrolovaný objekt: Laboratoř elektrických strojů ÚVEE, Technická 12, 616 00 Brno, místnost SA2.19

Zdroj napájení:

Rozvaděč RL2.2



Soustava napětí a druh sítě: 3 NPE AC 50Hz, 400V/ TN-S

Ochrana před nebezpečným dotykem dle ČSN 33 2000-4-41 A ČSN EN 50122-1:

Základní: izolací čl. 411.2, příloha A1 a kryty, přepážkami čl. 411.2, příloha A2

Při poruše: ochranným pospojováním a automatickým odpojením od zdroje v síti TN čl. 411.3/411.4

Doplňková: proudovým chráničem čl. 415.1 a doplňujícím pospojováním čl. 415.2

Vymezení rozsahu:

Předmětem kontroly je elektrická instalace v objektu – obvody rozvaděče RL2.2, provedení laboratoře.

Předmětem kontroly není napájení rozvaděče RL2.2, připojení elektrických strojů k napájecí síti, zapojení laboratorních stolů.

Předložené podklady k provedení revize:

Schéma zásuvkových obvodů, světelných obvodů laboratoře od správce dokumentace Iva Šmídka.

Výkres: ROZVADĚČ RL 2.2 umístěný uvnitř rozvaděče RL2.2, vypracoval Ing. Jan Zářecký

Výchozí revize č. 102/12/Fá – elektroinstalace objektu „A“ a „B“, 2.NP-3.NP

Provozní řád laboratoře vyvěšen v laboratoři, podepsán vedoucím ÚVEE FEKT VUT Brno Ing. Ondřejem Vítkem, Ph.D.

Vnější vlivy dle ČSN 2000-5-51 ed.3: Protokol nebyl předložen.

Použité měřicí přístroje:

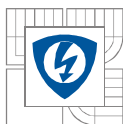
EASYTEST MA 2064 v. č. 8000007430

IMEG 1000N v. č. 001000198742

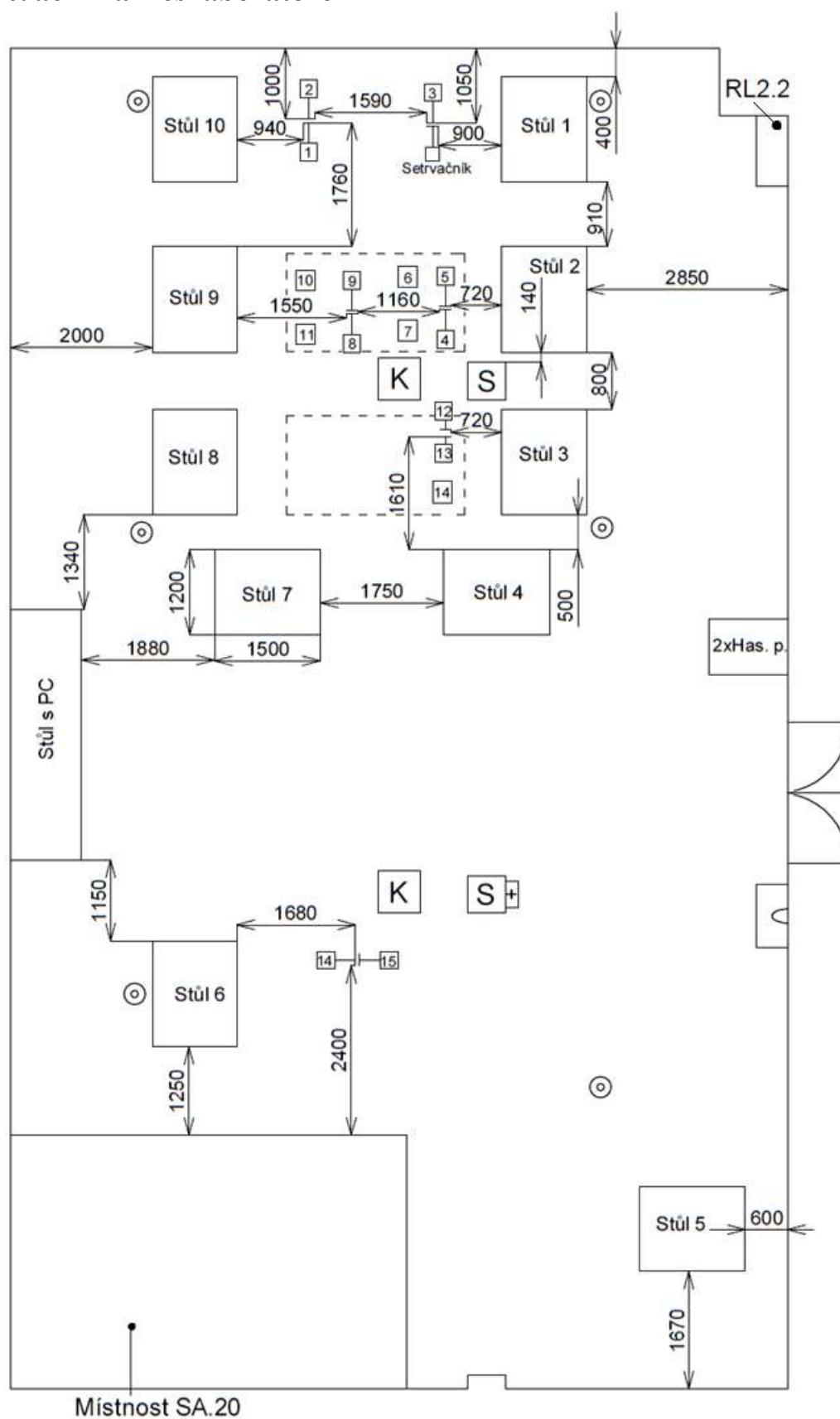
Analogový voltmetr, v. č. 58860

## 4.1 Popis revidovaného objektu

Přívod elektrické energie je realizován přes rozvaděč RL2.2 umístěný v laboratoři, ten má přívod z rozvaděče R2.1 umístěného na chodbě. V laboratoři se nachází elektrické stroje uvedené v tabulce 2. Je zde 10 laboratorních pultů, jejichž přívod k zásuvkám je uložen v kabelových kanálech. Součástí laboratoře je místnost 2.20 - místnost techniků. Laboratoř je vybavena klimatizací, je zde 6 protipožárních kouřových čidel. Lékárnička je umístěná na pravém sloupu a 2 hasicí přístroje se nachází vlevo od vchodových dveří, viz obr.11. Výška stropu je 2,85 m. V laboratoři je podlaha natřena dvousložkovou epoxidovou barvou. Stavební konstrukce budovy zasahuje do uspořádání laboratoře dvěma pilíři. Zásuvky jsou značeny RL2.X/XX, přičemž RL2.X v označení určuje rozvaděč, ze kterého je realizován vývod obvodu a číslo za lomítkem je číslo obvodu. Osvětlení laboratoře je kombinované, denním světlem s umělým. První dvě boční okna v laboratoři jsou otevíratelná a mohou posloužit také jako neoficiální únikový východ.



#### 4.1.1 Situační nákres laboratoře



Obr. 11: Situační nákres laboratoře



Legenda: K – klimatizace, S – sloup, + - lékárnička, ⊙ - požární čidlo

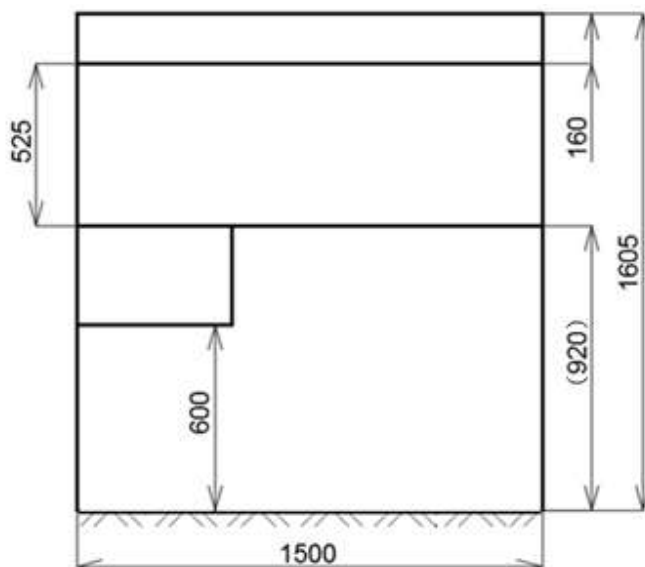
Tab. 4: Seznam elektrických strojů v laboratoři

Nákresové číslo	Typ stroje	Výrobní číslo
1	Třífázový komutátorový motor (9 kW)	nečitelné
2	Synchronní stroj (5,2 kW)	547610
3	Synchronní stroj s budičem na společné hřídeli +setrvačník (6 kW)	245282
4	Jednofázový stroj s budičem (2,4 kW)	250652
5	Střídavý regulovatelný stroj (4 kW)	212134
6	Regulovatelný transformátor	212136
7	Třífázový asynchronní motor - booster	nečitelné
8	Třífázový asynchronní stroj	19107
9	Třífázový dynamometr s rameny	108099
10	Regulovatelný transformátor (8 kVA)	108100
11	Asynchronní motor (1,5 kW)	5098445
12	Dynamo (1,3 kW)	1266344
13	Stejnoseměrný motor (1,3 kW)	1266343
14	Dynamo	273365
15	Asynchronní motor	00369718

#### 4.1.2 Uspořádání elektrických strojů a pultů

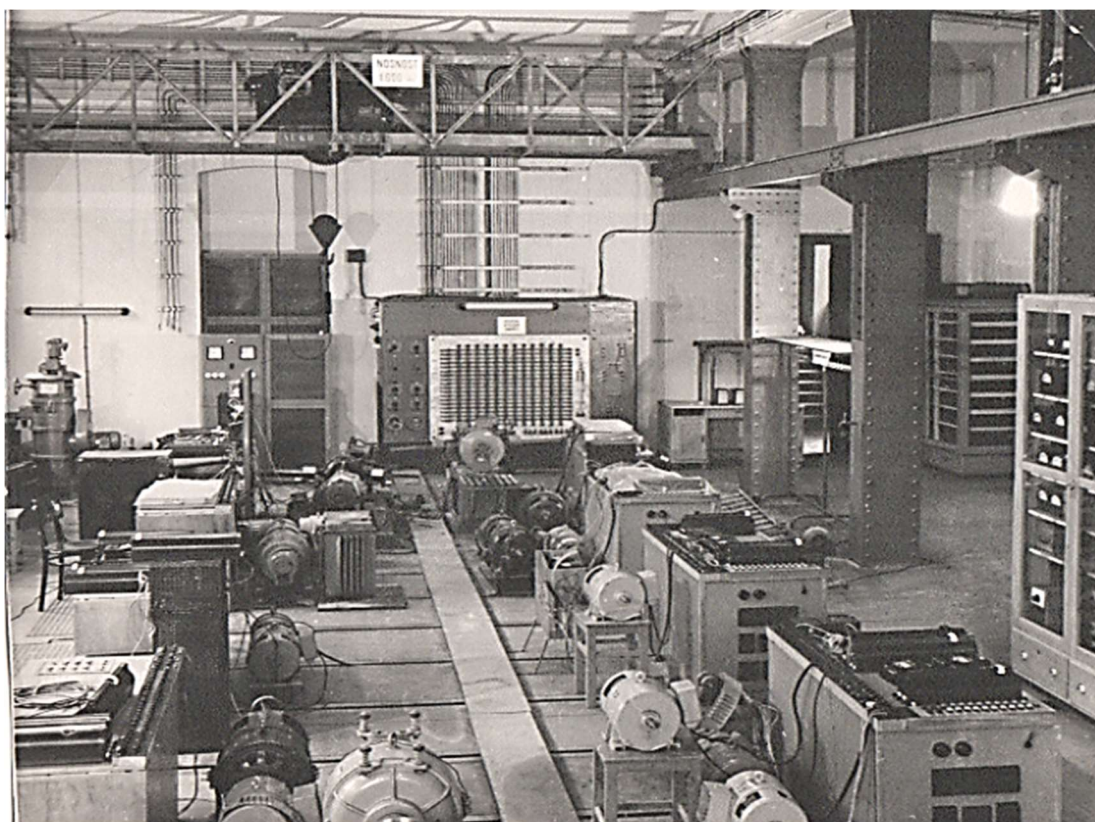
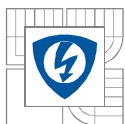
Rozmístění strojů a pultů je znázorněno v situačním nákrese na obr.11. Konstrukce pultů jsou ze dřeva a plechů, přičemž jejich krytí je IP 00. U laboratorních stolů jsou umístěny pryžové koberce sloužící jako doplňková ochrana. Pult je prakticky rozdělen na dvě části, přičemž přední část je určena např. pro umístění měřicích přístrojů. Zadní část laboratorního pultu je určena pro umístění zkoušeného zařízení, jeho připojení k měřicím přístrojům a napájecím zdrojům se provádí s využitím propojovacích svorek.

Stroje 4-13 jsou umístěny na ocelové základové desce.



Obr. 12: Náčrt laboratorního pultu, čelní strana





*Obr 13: Provedení laboratoře (70. - 80. léta) [3]*



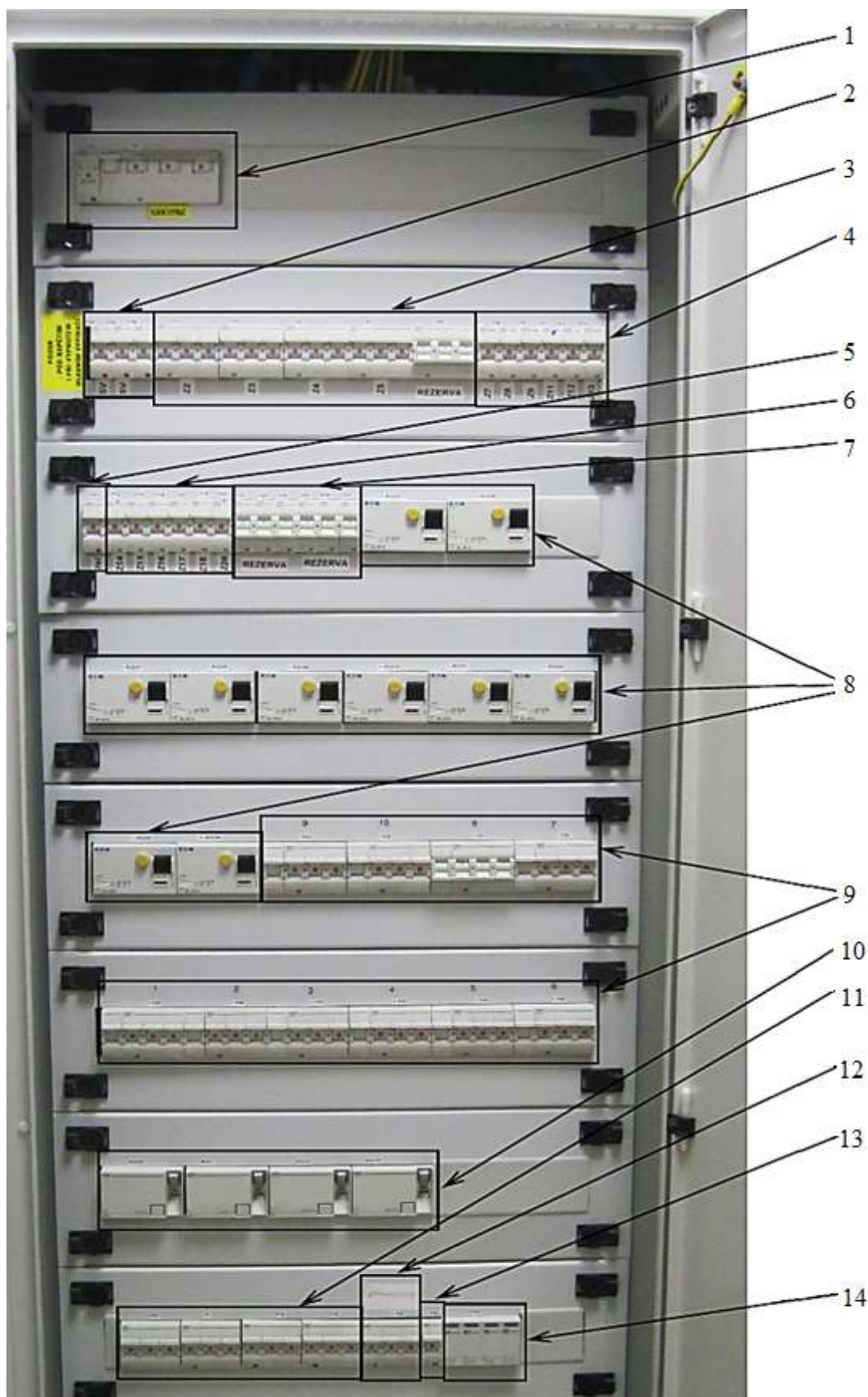
*Obr. 14: Provedení laboratoře (nyní)*

### 4.1.3 Rozvaděč RL2.2

Bereme-li v úvahu referenční bod vstupní dveře místnosti, tak dle situačního nákresu na obr. 11 se rozvaděč nachází v levém horním rohu umístěn v impregnovaném sádkartonu. Rozvaděč RL2.2 je dodán výrobcem OHL ŽS a má přívod z rozvaděče R2.1 umístěného na chodbě. Uvnitř rozvaděče je v PVC obalu vložena dokumentace s jeho podrobným schématem. Jistící prvky vně rozvaděče jsou od firmy OEZ s výjimkou proudových chráničů laboratorních pultů, které jsou od firmy EATON. Prvky jsou rozmístěné v krycích pleších. Kostra rozvaděče je uzemněna ohebným kabelem, čímž je zajištěna ochrana pospojováním. Skříň je od dvířek oddělena pomocí labyrintu, což je elegantní řešení utěsnění zavřeného rozvaděče. Vnější povrchová část je pokryta vypalovací barvou, která eliminuje korozi. Kabely vycházející z rozvaděče jsou odkryté až do místa, kde vstupují do kabelových kanálů, což zvyšuje přehlednost instalace.



Obr. 15: Vnější pohled na rozvaděč RL2.2, označení, štítek s parametry



Obr. 16: Rozvaděč RL2.2

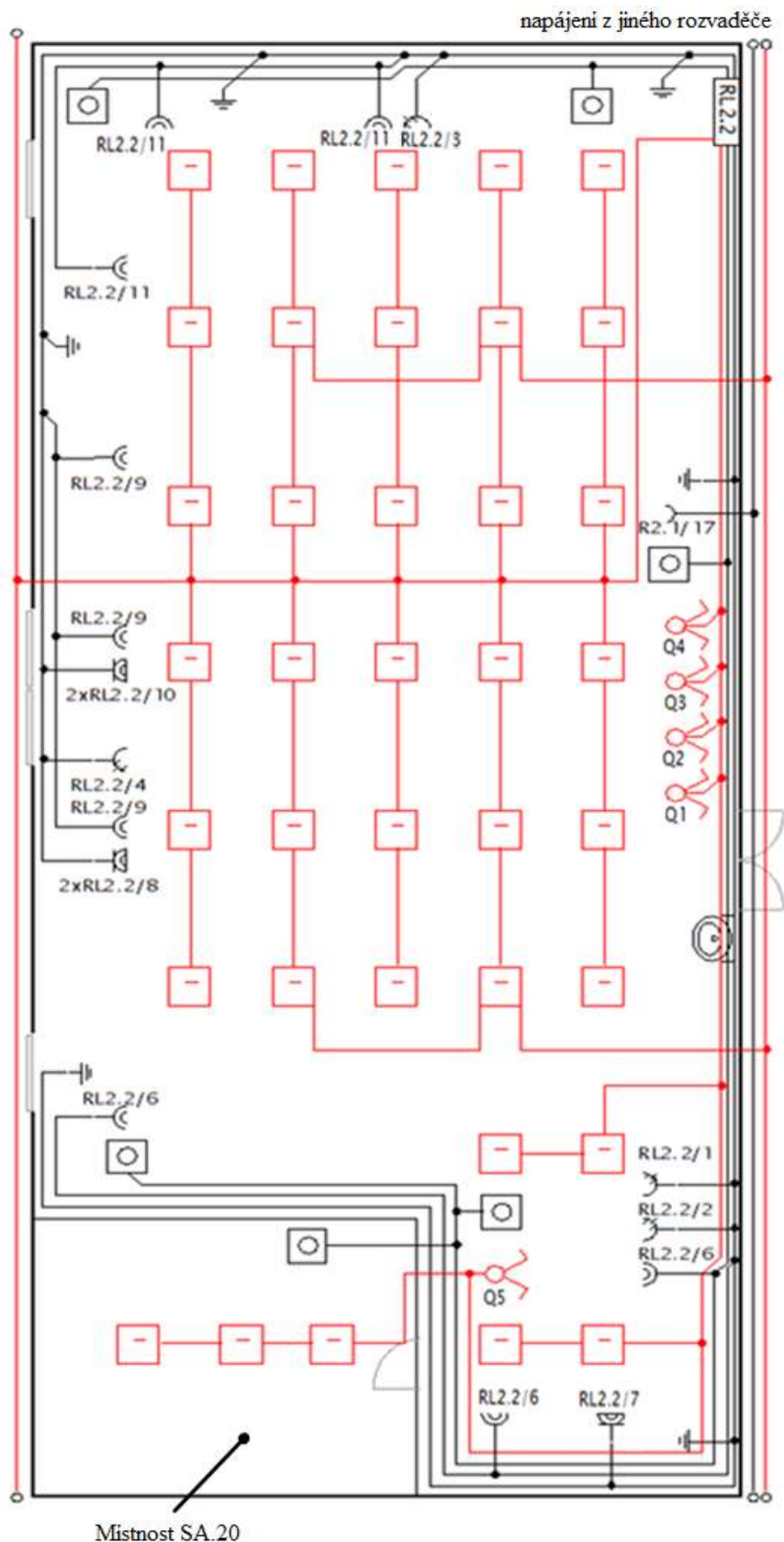


Tab. 5: Legenda obrázku 16 (rozvaděč RL2.2)

Pozice	Označení	Komponent
1	F01	třífázový hlavní jistič
	F02	jistič obvodu bezpečnostních vypínačů
	Neoznačeno	vypínací spoušť hl. vypínače
2	F04,F05, F06	jističe světelných obvodů, F06 - rezerva
3	F2-5, F6	jističe třífázových zásuvek, F6 - rezerva
4	F7-9, F11-13	jističe jednofázových zásuvek
5	F21	jistič obvodu žaluzií
6	F14-18, F20	jističe jednofázových zásuvek
7	F22-27	jističe jednofázových rezerv
8	1-RCD25-34	proudové chrániče obvodů
9	F25-34	třífázové jištění laboratorních pultů
10	RCD03, RCD01, RCD10, RCD 19	proudové chrániče zásuvkových obvodů
11	F03, F1, F10, F19	jištění jednotlivých skupin
12	1-F36	jistič obvodu dynamu v. č. 273365
13	1-F35	jistič obvodu vypínacích tlačítek pultů
14	FV01	přepět'ová ochrana



#### 4.1.4 Schéma zapojení světelných a zásuvkových rozvodů, rozmístění svítidel



Obr. 17: Schéma zapojení světelných a zásuvkových rozvodů, rozmístění svítidel

#### 4.1.5 Obvod hlavního jističe

Na vstupu rozvaděče je hlavní jistič F01 s typu B80, vypínací spoušť hl. vypínače a jistič F02 typu B6 obvodu bezpečnostních vypínačů.



*Obr. 18: Vstup rozvaděče*

V místnosti se nacházejí 4 bezpečnostní tlačítka, které vypínají hlavní jistič. Rozmístění je znázorněno na obr. 17. Další tlačítko se nachází v místnosti techniků.



*Obr. 19: Bezpečnostní tlačítko*

#### 4.1.6 Obvody osvětlení

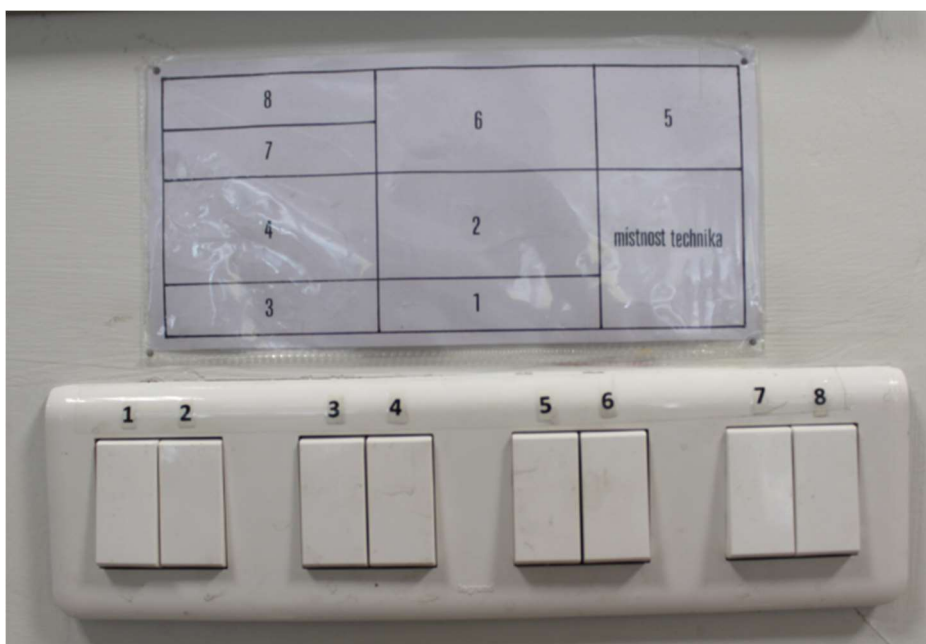
Obvody jsou zapojené před hlavním jističem, jsou jištěny jističi F04, F05 typu B10 a chráněny proudovým chráničem RCD03 s  $I_n = 63 \text{ A}$  a  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ .



Obr. 20: Proudový chránič RCD03

Vedle vchodových dveří laboratoře se nachází 4 sériové vypínače, kterými se ovládá veškerá osvětlovací technika místnosti 2.19 podle obrázku. Jeden vypínač je umístěn vedle vchodu do místnosti technika, ve které ovládá osvětlení.

Umělé zdroje světla v laboratoři jsou zářivky od firmy OSRAM typu T5 HE 14W/840, 4 v jednom svítidle, přičemž je 36 svítidel v místnosti, rovnoměrně rozložené po celé ploše stropu laboratoře a znázorněné na obr. 17. Svítidla jsou od firmy HORMEN stropní, zapuštěná.



Obr. 21: Vypínače světelné techniky v místnosti SA2.19

#### 4.1.7 Obvody jednofázových zásuvek

Většina jednofázových zásuvek je dvojité, označené jejich obvodem RL2.2/6-11, další zásuvky RL2.2/12-17 jsou v místnosti techniků. Výjimku tvoří zásuvka vedle dveří, přivedená z rozvaděče R2.1/17. Provedení zásuvek je 230V/16A-1+N+PE/IP20.



Obr. 22: Jednofázová dvojitá zásuvka

Jednofázové zásuvkové obvody, jejichž označení je RL2.2/9-16, jsou chráněny proudovým chráničem RCD10 s  $I_n = 40 \text{ A}$  a  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ . Jednotlivé obvody jsou jištěny jističi F11-F18 typu B16, přičemž zásuvky RL2.2/12-16 (včetně 17 z další skupiny) vedou pouze do místnosti techniků. Zásuvka RL2.2/17 chráněná proudovým chráničem s  $I_n = 63 \text{ A}$  a  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ , jištěná jističem F20 typu 16B vede do místnosti 2.20.

#### 4.1.8 Obvody třífázových zásuvek

V místnosti jsou 4 třífázové zásuvky označené RL2.2/1 – 4. Zásuvky jsou typové 400V/16A – 3+N+PE/IP44. Jištění je provedeno jističi F2 – 5 typu B16. A společně s obvody jednofázových zásuvek jištěnými jističi F7-9 typu B16 jsou chráněny společným proudovým chráničem RCD1 s  $I_n = 80 \text{ A}$  a  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ . Přívod do této skupiny jistí jistič F1 typu B63. Jednofázové zásuvky této skupiny mají označení RL2.2/6-8.



Obr. 23: Třífázová zásuvka RL2.2/3, jistič F2



#### 4.1.9 Jištění laboratorních pultů

Jištění je provedeno jističi 1-F25-34 typu 63C, jističem 1-F35 typu 6C, který je součástí obvodu vypínacích spouští a bezpečnostních tlačítek laboratorních pultů. Proudová ochrana je provedena chrániči 1-RCD25-34 typu PF7-63/4/01-U.

#### 4.1.10 Obvod dynama 273365

Samostatný obvod je obvod dynama s v. č. 273365, který je jištěný jističem 1-F36 typ 63C.

#### 4.1.11 Přepět'ová ochrana

Obvody jsou chráněné svodičem přepětí s výměnnými moduly FV01 typu C OEZ SVC-350 3N-MZ 4 pólový, se jmenovitým výbojovým proudem  $I_n$  20 kA/pól, nejvyšším trvalým provozním napětím  $U_c$  350 V AC a napět'ovou ochrannou hladinou  $U_p$  1,4 kV.



Obr. 24: Přepět'ová ochrana

#### 4.1.12 Klimatizace v místnosti:

Klimatizace jsou podle revizní zprávy z roku 2012 dodány firmou VZT a napájené z hlavních chodbových rozvaděčů. Jejich umístění je zobrazeno v situačním nákresu na obr. 11.

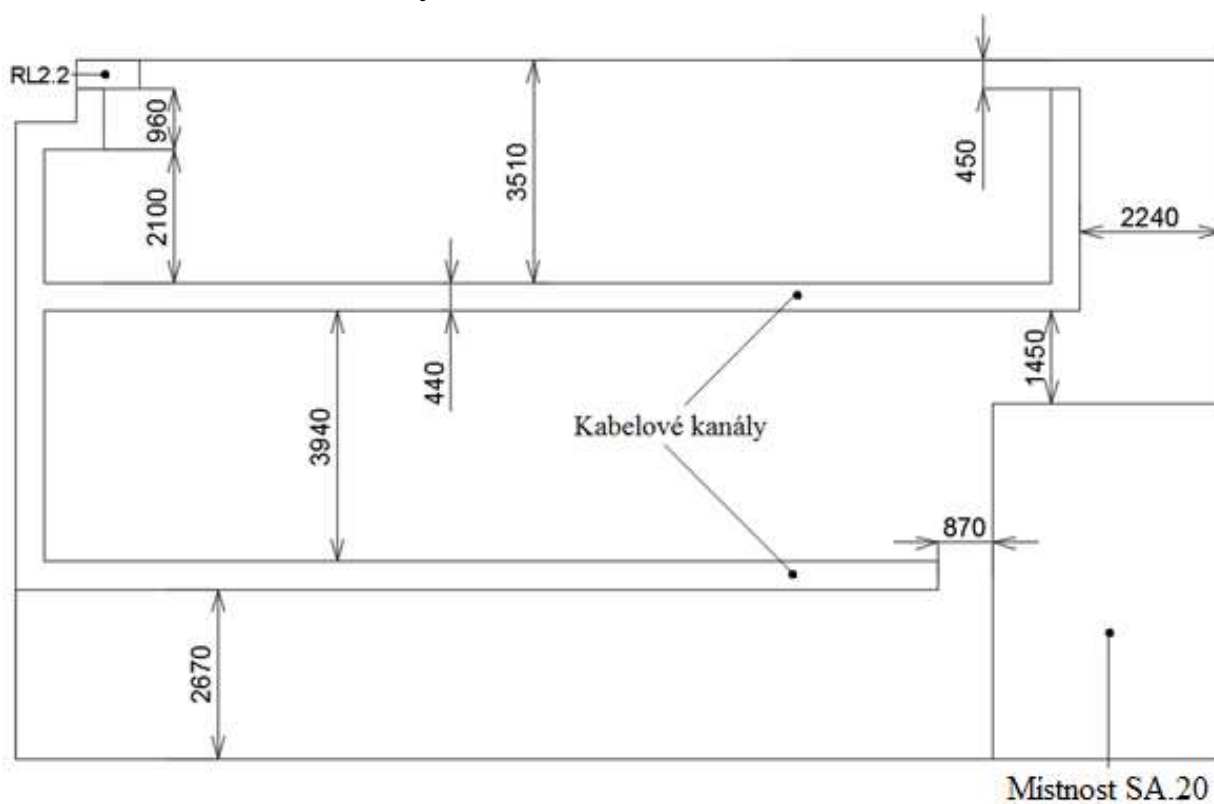
#### 4.1.13 Protipožární čidla

6 protipožárních kouřových čidel má umístění zobrazené na obr. 11.



Obr. 25: Protipožární čidlo

#### 4.1.14 Rozmístění kabelových kanálů

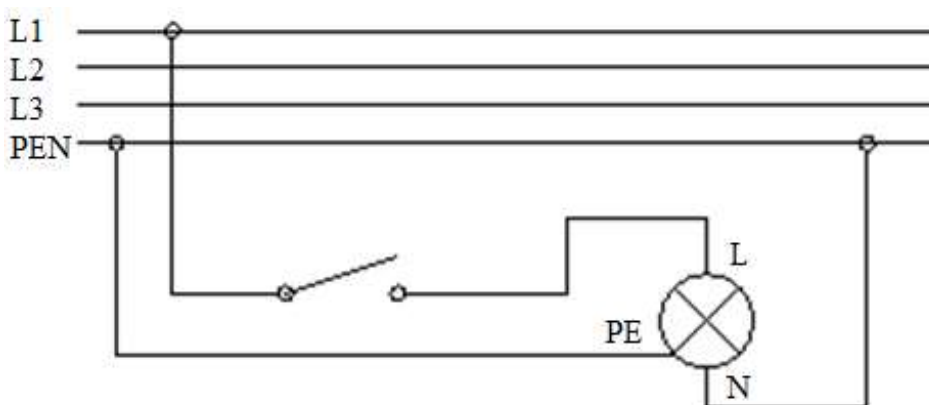


Obr. 26: Náskres rozmístění kabelových kanálů



#### 4.1.15 Světelný obvod na testovacím panelu

Jelikož nebylo možné provést měření na světelných obvodech v laboratoři, bylo pro demonstraci a zkoušku proměření izolačního odporu světelného obvodu zapojen obvod viz obr. 27 na testovacím panelu od firmy OEZ. Napájení obvodu bylo zdrojem z laboratorního pultu typu TN-S, vývod na testovací panel byl typu TN-C.



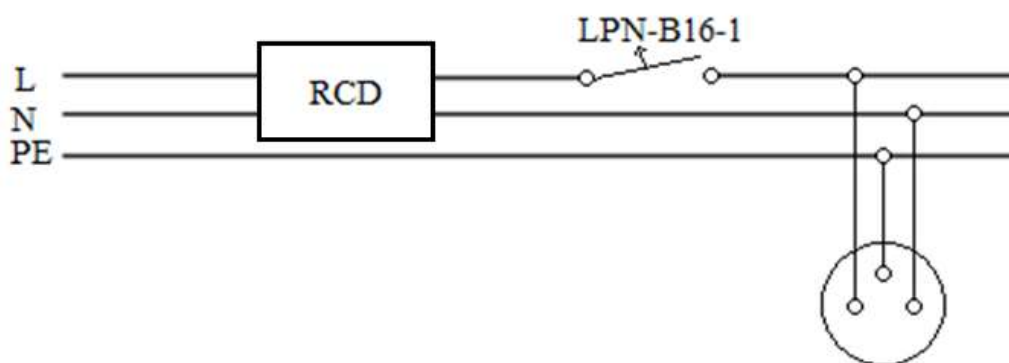
Obr. 27: Orientační schéma zapojení světelného obvodu

#### 4.1.16 Zásuvkový obvod na testovacím panelu

Proměření proudových chráničů umístěných v rozvaděči RL2.2 nebylo vedoucím laboratoře povoleno, a proto bylo pro zkoušku proměření proudových chráničů zapojen zásuvkový obvod na testovacím panelu, který demonstruje typický zásuvkový obvod v laboratoři. Ověřovaný chránič byl OFI-25-030, reagující také na proudy pulzující stejnosměrný proud a v obvodu byl také jistič typu B16.



Obr. 28: Vidlice přívodního kabelu k testovacímu panelu



Obr. 29: Schéma zapojení zásuvkového obvodu

## 4.2 Prohlídka

Kontrola byla provedena podle doporučených osnov ČSN 33 2000-6, čl. 61.2.

Kontrolovány byly tyto podmínky:

Shoda skutečného stavu s dokumentací, prohlídka rozvaděče, vybavení jednotlivých zařízení schémata zapojení a varovnými nápisy, upevnění instalovaných zařízení, způsob ochrany před úrazem elektrickým proudem, volba jisticích prvků, uložení vodičů a jejich ochrana před mechanickým poškozením, krytí elektrických zařízení přiměřené vnějším vlivům, neporušenost elektrických zařízení, přístupnost z hlediska provozu a údržby.

## 4.3 Zkoušky elektrických zařízení

Byla kontrolována funkčnost ochranných zařízení a funkčnost elektrických rozvodů.

- Ověřena funkčnost napájení všech stolů. Funkčnost byla pomocí zapínacích tlačítek stolů a světelné signalizace.
- Ověřena funkčnost bezpečnostních tlačítek a vypínačů osvětlení.
- Zkouška světelného obvodu na testovacím panelu – při sepnutí spínače došlo k vybavení proudového chrániče, neboť zdroj z laboratorního pultu byl typu TN-S, ale vývod na učební panel byl TN-C. Tímto byla ale ověřena funkčnost proudového chrániče laboratorního pultu.
- Funkční zkouška proudových chráničů RCD03, RCD1, RCD10 a RCD19 světelných a zásuvkových obvodů test-tlačítky, přičemž všechny chrániče spolehlivě vybavily.

## 4.4 Měření

Izolační odpor dle ČSN 33 2000 – 6 čl. 61.3.3

Impedance vypínací smyčky dle ČSN 33 2000-6 čl. 61.3.6.3

Izolační odpor podlahy dle ČSN 33 2000-6 čl. 61.3

Ověřování proudového chrániče





#### 4.4.1 Izolační odpor

Prívodní kabel ke zkušebnímu panelu, světelný obvod, zkoušecí napětí 500 V, měřeno přístrojem IMEG. Naměřené hodnoty byly mimo měřicí rozsah měřicího přístroje.

Tab. 6: Měření izolačního odporu, světelný obvod

Měření mezi	$IO$ [MΩ]
L1 - PE	> 500
L2 - PE	> 500
L3 - PE	> 500
N - PE	> 500

Zásuvkový obvod zapojený na zkušebním panelu, zkoušecí napětí 500 V, měřeno přístrojem IMEG. Naměřené hodnoty byly mimo měřicí rozsah měřicího přístroje.

Tab. 7: Měření izolačního odporu, zásuvkový obvod

Měření mezi	$IO$ [MΩ]
L - PE	> 500
N - PE	> 500

Izolační odpor vyhovuje ČSN 33 2000 – 6.

#### 4.4.2 Izolační odpor podlahy

Měřeno s elektrodou č. 2. Namísto dřevěné desky byla použita tvrzená tkanina 41x34 cm o tloušťce 1,5 cm. Měření probíhalo asi 1 m od rozvaděče RL2.2. Izolační odpor byl měřen voltmetrem, který měřil úbytek napětí na podlaze. Hodnota odporu se pak vypočte podle vzorce:

$$R_x = R_i \left( \frac{U_0}{U_x} - 1 \right) \quad (4.1)$$

$R_x$  ... zjišťovaný odpor podlahy proti zemi

$R_i$  ... vnitřní odpor voltmetru

$U_0$  ... naměřené napětí proti zemi

$U_x$  ... naměřené napětí proti kovové desce

Použité přístroje: Analogový Voltmetr 58860,  $r_i = 5000 \Omega/V$ , třída přesnosti 1,5%.

$$U_0 = 222 \text{ V}$$

Tab. 8: Měření izolačního odporu podlahy

Měření	$k$ [-]	$\alpha$ [-]	$U_x$ [V]	$R_x$ [Ω]
1	240/120	97,5	195	166154
2	240/120	91,0	182	263736
3	240/120	104,0	208	80769



Příklad výpočtu:

$$R_i = 5000 \cdot 240 = 1200 \text{ k}\Omega \quad (4.2)$$

$$R_{x1} = R_i \left( \frac{U_0}{U_{x1}} - 1 \right) = 1200000 \left( \frac{222}{195} - 1 \right) = 166154 \Omega \quad (4.3)$$

Naměřené hodnoty izolačního odporu vyhovují minimálním hodnotám dle ČSN 2000-6.

#### 4.4.3 Impedance vypínací smyčky, spojitost vodičů

Jednofázové zásuvkové obvody:

Napětí sítě: 223 V

Tab. 9: Měření impedance vypínací smyčky, spojitost vodičů vypínací smyčky

Obvod	Z [ $\Omega$ ]
RL2.2/6	rcd
RL2.2/7	rcd
RL2.2/8	rcd
RL2.2/9	rcd
RL2.2/10	rcd
RL2.2/11	rcd

rcd – Došlo k vybavení proudového chrániče během měření dotykového napětí polovinou jmenovitého rozdílového proudu, čímž bylo ověřeno automatické odpojení při poruše a spojitost vodičů obvodu.

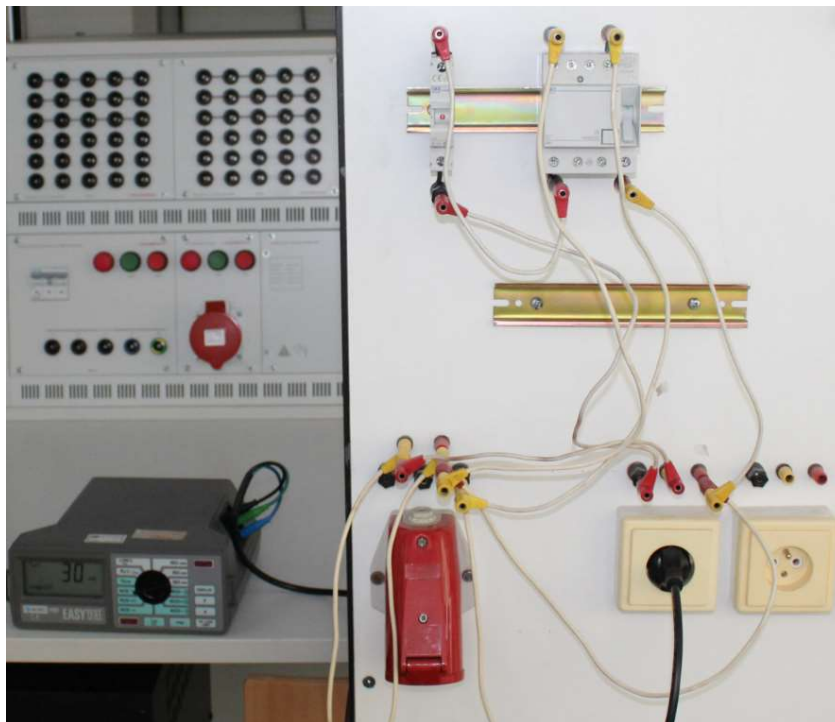
Spojnost vodičů vyhovuje dle ČSN 33 2000-6.

#### 4.4.4 Ověřování proudového chrániče

Tab. 10: Ověřování proudového chrániče

Pořadí zkoušky	Ověřuje se	Postup zkoušky	Výsledek zkoušky
1	Vypnutí	Generace rez. proudu až do velikosti $I_{\Delta n}$ .	Chránič vybavil při $I_{\Delta n}$ 33 mA
2	Nevypnutí	Zatížení rez. proudem 0,5 $I_{\Delta n}$ .	Chránič nevybavil
3	Doba vypnutí	Chránič se zatíží rez. proudem o velikosti $I_{\Delta n}$ .	Chránič vybavil při $t = 37$ ms
4	Chránič typu A	Chránič se zatěžuje pulzním reziduálním stejnosměrným proudem o efektivní hodnotě 1,4x $I_{\Delta n}$ .	Přístroj neumožňoval zatížení 1,4x $I_{\Delta n}$ , ale chránič vybavil i při zatížení $I_{\Delta n}$ .
Během průchodu $I_{\Delta n}$ bylo změřeno také dotykové napětí o hodnotě 0,1 V.			
Při ověření funkce stisknutím kontrolního tlačítka chránič spolehlivě vybavil.			

Proudový chránič splnil požadavky normy.



*Obr. 30: Ověřování proudového chrániče*

## 4.5 Zjištěné závady a nedostatky

Nebyl předložen protokol o určení vnějších vlivů.

U laboratorních pultů v laboratoři je provedena ochrana proudovým chráničem, jehož umístění je v uzamčeném rozvaděči RL2.1. Při vzniku reziduálního proudu v tomto obvodu nastane vybavení až tohoto chrániče, který odpojí všechny obvody v laboratoři včetně osvětlení.

Rozvaděč RL2.2 postrádá světelnou signalizaci chránících a jisticích prvků, neboť například při hlučném chodu synchronního stroje může dojít k přerušení budícího zdroje proudu, což má za následek až zničení stroje a může dojít k úrazu. Vhodné by byly i panelové přístroje pro indikaci napětového stavu mezi rozvaděčem a stoly.

Skupina stolů, které tvoří stoly 1-10 kromě 5,6 obklopují stroje 1-13. Vzhledem k výšce laboratorních stolů je toto rozmístění nevhodné kvůli snížení viditelnosti jak k těmto strojům umístěnými za stoly, tak k ostatním stolům mimo řadu. Viditelnost snižuje i sloup vedle stolu 2.

Elektrické stroje bez krytí spojky vytváří nebezpečný prostor a vzniká zde riziko úrazu. Nejsou přitom použity dostatečné ochranné konstrukce či přepážky, aby bylo zamezeno dosahu do těchto prostorů dle ČSN EN ISO 13857. Není tedy zajištěna ochrana před nebezpečným dotykem s pohyblivými se částmi strojů.

Z autotransformátorů, které jsou uloženy v plechové nízké nádobě, vytéká olej, což může vést k úrazu při úniku oleje z nádoby.

Požadavkem hasičů je, aby na rozvaděči byla cedulka s upozorněním na „elektrické zařízení“ a „nehas vodou a pěnovými přístroji“. Druhé zmíněné upozornění na rozvaděči není. Je-li rozvaděč

brán i jako hlavní vypínač pro laboratoř, mělo by zde být upozornění „vypni v nebezpečí“ a „hlavní vypínač“.

Také bezpečnostní vypínače by měly být označeny „vypni v nebezpečí“ a označeny co vypínají, např. „central stop laboratoře“.

Varovný nápis „POZOR – POD NAPĚTÍM I PŘI VYPNUTÉM HLAVNÍM VYPÍNAČÍ“ je v rozvaděči RL2.2 vyvěšen vedle světelných obvodů, ale nelze z něj zjistit, ke kterým obvodům se vztahuje, navíc je mimo jistič obvodu žaluzií.

Při zkoušce vypínačů osvětlení vznikl mezi kontakty elektrický oblouk, což může mít za následek brzké zničení vypínače.

Zásuvková lišta na boku stolu 7 směrem do uličky není vhodná, při připojení zařízení, jako třeba PC viz obr. 7, může dojít díky visícím kabelům k pádu zařízení.

Při kontrole schémat se světelnou technikou byla nalezena difference mezi schématem uloženým v rozvaděči a schématem místnosti obdržným technikem Ivem Šmídkem, správcem dokumentace. Rozdíl je v počtu znázorněných vypínačů, kde v dokumentaci z rozvaděče jsou zobrazeny 3 vypínače, ve schématu místnosti je 5 sériových vypínačů, což bylo zjištěno po vizuální prohlídce místnosti jako správné. Možné napájení je přímo z rozvaděče RL2.1 Při konzultaci nedokázal správce dokumentace tento problém objasnit. Z žádné dokumentace nešlo také rozpoznat, ze které fáze je jednotlivý světelný obvod napájen, což může způsobit stroboskopický jev u točivých částí strojů.

Ve schématu od správce schémat Iva Šmídka byla nalezena chyba označení zásuvky RL2.2/6, která je označena jako RL2.3/6.

Jedena z klimatizací je nainstalována přímo nad přístroji a stroji, na kterých probíhá měření, což by mohlo ovlivňovat například zkoušku oteplení přístroje.

V laboratoři nejsou dielektrické rukavice, ani zkratovací tyč.

Při pohledu na stropní kazety umístěné nad stolem 1 jde vidět, že do laboratoře zatéká.



*Obr. 31: Poškozená stropní kazeta*

Zařízení je schopno bezpečného provozu po odstranění uvedených závad.



## 5 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce byla problematika provádění revizí v elektrotechnické praxi. V daném případě se jedná o revizi laboratoře elektrických strojů.

Teoretická část práce ujednává o způsobech provádění revizí, daných postupech dle normy ČSN 33 1500 „revize elektrických zařízení“ a ČSN 33 2000-6 části 6 „postupy při revizi“, především o metodách měření použitých v praktické části.

V praktické části je zpracována revize již zmíněné laboratoře elektrických strojů SA2.19 podle norem včetně podrobného popisu zařízení.

Prohlídkou rozvaděče bylo zjištěno, že jistící prvky jsou označeny a uspořádány dle ČSN 2000-5-51 čl. 514.4, rozvaděč je vybaven schématem dle čl. 514.5. Provedení rozvaděče je ale do laboratoře nevhodné. Zkouškami byla ověřena funkčnost ochranných zařízení a elektrických rozvodů laboratoře dle ČSN 33 2000-6. Měřením byl ověřen stav elektrické instalace, přičemž naměřené hodnoty vyhovují ČSN 33 2000-6. Při prohlídce provedení laboratoře byly nalezeny možné zdroje úrazu. Rozmístění stolů a elektrických strojů v laboratoři snižuje bezpečnost. Byla nalezena také difference mezi projektovou dokumentací a skutečným provedením.

Výsledkem revize je zjištění, že zařízení je schopno bezpečného provozu teprve po odstranění uvedených závad.

Téma bakalářské práce jsem si vybral v souladu se svým osobním zájmem, se snahou o rozšíření vědomostí v oblasti revizní činnosti.

Práce mi umožnila doplnění svých dosavadních znalostí z předmětu Inspekční a revizní činnost a bude sloužit i jako inspirace pro případné provádění dalších revizí v budoucnosti a současně jako cenná zkušenost pro moji další elektrotechnickou praxi.



## LITERATURA

- [1] ČSN 33 1500: 1990. *Revize elektrických zařízení.*
- [2] ČSN 33 2000-6: 2007. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize.*
- [3] VESELKA, F.: *Provedení laboratoře (70. – 80. léta)* [obrázek] [cit. 5-1-2016].
- [4] VESELKA, F., HUZLÍK, R.: *Inspekční a revizní činnost – laboratorní a numerická cvičení*, Skripta. Brno: FEKT VUT, 2007, 111 stran.
- [5] VESELKA, F., HUZLÍK, R.: *Inspekční a revizní*, Skripta. Brno: FEKT VUT, 2007, 122 stran.
- [6] VESELKA, F.: *Selektivita, Měření impedance vypínací smyčky, Chyby v zapojení proudových chráničů*, poskytnuté materiály, Brno 2016.
- [7] PELIKÁN, L.: *Problematika revize laboratoře elektrických strojů*, Semestrální práce. Brno: FEKT VUT, 2016, 32 stran.



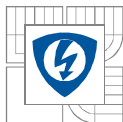
## PŘÍLOHY

Parametry měřicích přístrojů:

EASYTEST MA 2064

Tab. 11: Parametry přístroje EASYTEST MA 2064, v. č. 8000007430

Výrobce			METREL								
Izolační odpor při napětí 500 V											
Rozsah [MΩ]*			Rozlišovací schopnost [kΩ]			Přesnost měření					
0-1,999			1			± (2% z MH - 2D)					
2-19,99			10			± (2% z MH - 2D)					
20-199,9			100			± (2% z MH - 2D)					
* Automatické přepínání rozsahů											
Max. výstupní napětí			1,3 x Nominální napětí								
Nominální napětí			500 V - 0%/+6%								
Zkratový proud			2,5 mA max.								
Měřicí proud			1 mA min. při zátěži 500 kΩ								
Vypínací čas t standardních nebo selektivních FI											
Reziduální proud			Rozsah t [ms]			Rozlišení [ms]			Přesnost měření		
$\frac{1}{2} I_{\Delta N}$			0 ÷ 1000			1			± (2% z MH +4 ms)		
$I_{\Delta N}$			0 ÷ 1000								
$2I_{\Delta N}$			0 ÷ 200								
$5I_{\Delta N}$			0 ÷ 50 (150 pro S)								
Tabulka efektivních hodnot rozdílového proudu											
$\frac{1}{2} I_{\Delta N}$ [mA]			$I_{\Delta N}$ [mA]			$2I_{\Delta N}$ [mA]			$5I_{\Delta N}$ [mA]		
stř.	Pulsní	ss.	stř.	Pulsní	ss.	stř.	Pulsní	ss.	stř.	Pulsní	ss.
5	3,5	5	10	20	20	20	28,3	40	250	353,6	100
15	10,5	15	30	42,4	60	60	84,9	120	250	353,6	300
Chyba rozdílového proudu					± 5 %						
$U_N = 100 \div 250$ V (není-li zvolen ss. rozdílový proud)											
$U_N = 207 \div 250$ V (je-li zvolen ss. rozdílový proud)											
$f_N = 45 \div 65$ Hz											
Dotykové napětí $U_d$ při $I_{\Delta N}$ (standardní FI, tvar rozdílového proudu stř. nebo pulsní) nebo při $2I_{\Delta N}$ (selektivní FI, tvar rozdílového proudu stř., pulsní, ss., nebo standardní FI, tvar rozdílového proudu ss.)											
Rozsah [V]			Rozlišovací schopnost [V]			Přesnost měření					
0 ÷ 99,9			0,1			-0%/+10% z MH ± 0,1 V ( $U_b < 10$ V) -0%/+10% z MH ( $U_b \geq 10$ V)					
Vybavovací proud $I_A$ , tvar rozdílového proudu stř. nebo pulsní											
Rozsah $I_{\Delta N}$			Rozlišovací schopnost [V]			Přesnost měření					
$(0,4 \div 1,4)I_{\Delta N}$			$0,1I_{\Delta N}$			± 0,15 $I_{\Delta N}$					
Vypínací čas t standardních FI při vybavovacím proudu $I_A$											
Rozsah t [ms]			Rozlišovací schopnost [V]			Přesnost měření					
0 ÷ 500			1			± (2% z MH +4 ms)					



Dotykové napětí $U_d$ standardní FI při vybavovacím proudu $I_d$ (tvar rozdílového proudu stř. nebo pulsní) nebo při dvojnásobku vybavovacího proudu (tvar rozdílového proudu ss.)		
Rozsah [V]	Rozlišovací schopnost [V]	Přesnost měření
0 ÷ 99,9	0,1	-0%/+10% z MH ± 0,1 V ( $U_d < 10$ V) -0%/+10% z MH ( $U_d \geq 10$ V)
Impedance ochranné smyčky $Z_s$ mezi L a PE		
Rozsah [ $\Omega$ ]	Rozlišovací schopnost [ $\Omega$ ]	Přesnost měření
0 ÷ 19,9	0,01	± (4% z MH + 0,05 $\Omega$ )
20 ÷ 199,9	0,1	
200 ÷ 1999	1	
Střídavé napětí $U$		
Rozsah [V]	Rozlišovací schopnost [V]	Přesnost měření
0 ÷ 250	1	± (2% z MH + 2 V)
$U_N = 100 \div 250$ V $f_N = 45 \div 65$ Hz		

Analogový voltmetr, v.č. 58860,  $r_i = 5000 \Omega/V$ , třída přesnosti 1,5%.

IMEG

Tab. 12: Parametry přístroje IMEG, v. č. 001000198742

Pozice přepínače	500V
Rozsah měření	1...11...500 M $\Omega$
Zkušební napětí	500V ss ± 5%
Přesnost měření	±2,5 % z konce stupnice
Měřicí proud	5 mA